

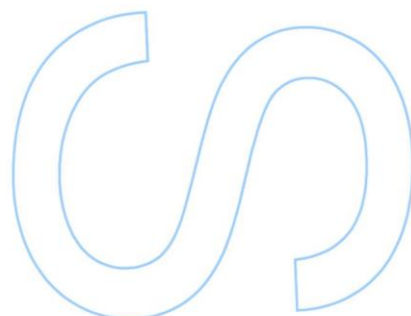
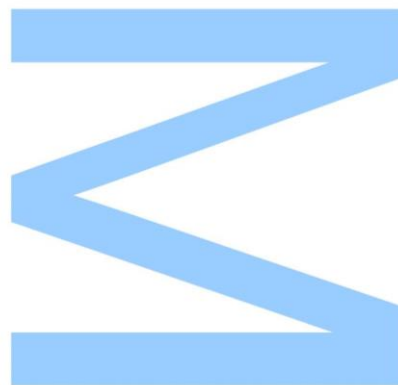
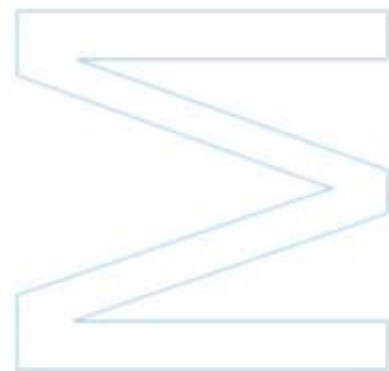


Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional - Região do Douro Superior

José Pedro Rangel Loureiro

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Engenharia Agronómica

2017



Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional - Região do Douro Superior

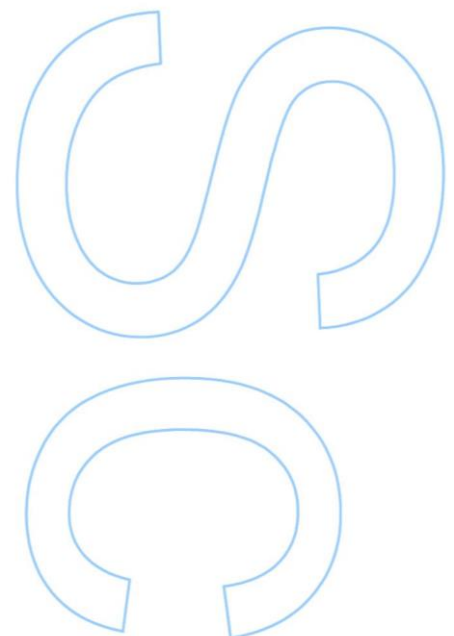
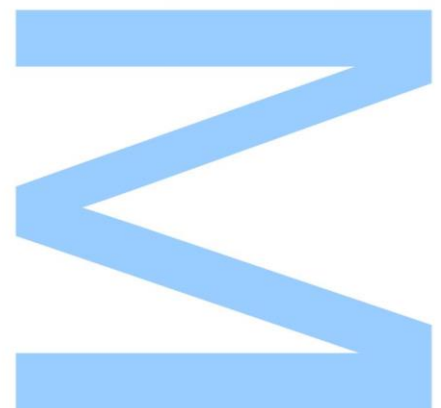
José Pedro Rangel Loureiro

Mestrado em Engenharia Agronómica
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

2017

Orientador

Jorge Bernardo Lacerda Queiroz, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

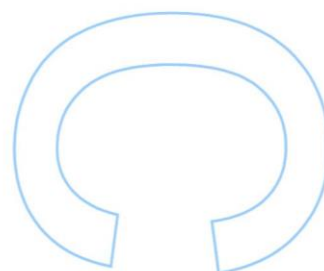
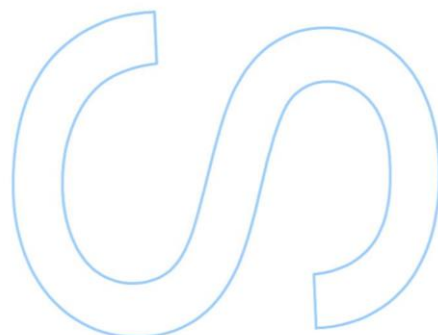
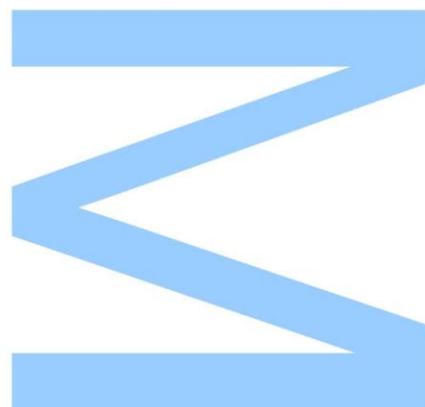


Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga
Nacional – Região do Douro Superior



Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.
O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga
Nacional – Região do Douro Superior

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga
Nacional – Região do Douro Superior

Para os meus pais e os meus avós,

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga
Nacional – Região do Douro Superior

Agradecimentos

Gostaria de expressar os meus agradecimentos a todos aqueles que me apoiaram durante o meu percurso académico e durante a execução desta dissertação. Agradeço em particular:

- Ao meu Orientador e Professor, Professor Doutor Jorge Bernardo Lacerda de Queiroz, por todos os conhecimentos transmitidos, pela amizade que sempre me proporcionou e por toda a disponibilidade total em me ajudar.
- Ao Engenheiro Tiago Nogueira, da Quinta do Crasto por me proporcionar todas as condições necessárias para a realização deste ensaio.
- À empresa Quinta do Crasto, por toda a disponibilidade em nos receber.
- Ao Professor Doutor Luís Cunha, professor da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pela disponibilidade demonstrada na ajuda no tratamento dos dados.
- À ADVID pela disponibilidade no fornecimento dos equipamentos necessários, em especial ao Engenheiro Igor por todo o apoio e disponibilidade prestada.
- Um especial agradecimento aos meus pais e aos meus avós, porque sem eles este percurso não teria sido possível de forma alguma.

Resumo

O ensaio que originou esta dissertação consistiu num estudo de rega deficitária numa parcela de Touriga Nacional na Quinta da Cabreira, localizada no Douro Superior, tendo como objetivo otimizar o modelo de rega existente nas parcelas, permitindo uma melhor eficiência da utilização de água e diminuição dos custos inerentes à irrigação.

O desenho experimental foi elaborado tendo em conta os resultados empíricos obtidos no modelo de rega existente na Quinta da Cabreira. Foi escolhida uma parcela, plantada com a casta Touriga Nacional, enxertada em 110R, com uma sonda de humidade do solo instalada. As modalidades de rega basearam-se no valor da evapotranspiração (ET_c), registada na estação meteorológica existente na Quinta da Cabreira. As modalidades estudadas foram; R_0 - Modalidade de controlo (não regada); R_{25} - Modalidade de rega a 25% da ET_c ; R_{50} - Modalidade de rega a 50% da ET_c ; R_{75} - Modalidade de rega a 75% da ET_c .

Foram realizadas todas as medições necessárias para a avaliação da condição hídrica das videiras. Em termos de resultados verificou-se que as modalidades R_{50} e R_{75} foram as que obtiveram melhores respostas às condições de stress hídrico. Foi igualmente notável a diferença substancial entre modalidades regadas e não regadas. Estes efeitos começaram a sentir-se mais significativamente após a quinta quinzena de rega. Estes são dados importantes para os produtores da Quinta da Cabreira relacionar a forma como estes sistemas de rega afetam o seu *terroir*.

Palavras-Chave: Douro Superior; Touriga Nacional; Rega Deficitária; Evapotranspiração; Potencial Hídrico; Stress Hídrico.

Abstract

The main objective of the present study was to develop an optimized deficit irrigation schedule in a vineyard of Touriga Nacional variety located in the Quinta da Cabreira, Sub-region of the Douro Demarcated Region, Douro Superior.

The experimental design was created with the knowledge acquired from empiric results of an irrigation experiment conducted in the past on the same vineyard. Similar vines were chosen and four water treatments were established based on the value of evapotranspiration (ET_c) obtained by the weather station located in the site; The treatments are; R_0 - Unwatered (Control); R_{25} - 25% of ET_c irrigation; R_{50} - 50% of ET_c irrigation; R_{75} - 75% of ET_c irrigation;

The R_0 and R_{75} treatments were chosen to prove the results of excess of water deficit stress and the excess of watering. The choice between the 25 and 50% irrigation of ET_c lays now in the hand of the producers that are now more informed about their choices and how this two treatments affect their vines in this *terroir*.

Key words: Douro; Touriga Nacional; Deficit Irrigation; Evapotranspiration; Pre-Dawn Water Potential; Water Stress.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Lista de Tabelas	iii
Lista de Figuras.....	iv
Abreviaturas	v
1. Introdução	16
2. Revisão Bibliográfica	17
2.1. Região Demarcada do Douro	17
2.2. Aplicação de Rega na Vinha	19
2.3. Água – Componente Importante da Videira	26
2.4. Necessidades Hídricas e de Nutrientes	30
3. Metodologia	50
3.1. Ensaio	50
3.1.1. Parcela do Ensaio	50
3.1.2. Delineamento Experimental	51
3.1.1. Material Vegetativo.....	53
3.1.2. Operações Culturais	55
3.1.3. Solo	55
3.2. Metodologias do Ensaio	55

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

3.2.1. Carga.....	55
3.2.2. Registos Fenológicos	56
3.2.3. Abrolhamento	56
3.2.4. Área Foliar	57
3.2.5. Método do <i>Point-Quadrat</i>	59
3.2.6. Medições da Atividade Fisiológica da Videira	60
3.2.6.1. Potencial Hídrico Foliar	60
3.2.6.2. Trocas Gasosas Estomáticas.....	61
3.2.7. Evolução da Maturação e da Qualidade da Vindima	62
3.2.8. Análise Estatística.....	64
4. Resultados	65
4.1. Caracterização Climática	65
4.2. Fenologia	68
4.3. Produção	70
4.4. Potencial Hídrico	73
4.4.1. Evapotranspiração e Regas	73
4.4.2. Potencial Hídrico Foliar	74
4.4.2.1. Potencial Hídrico Foliar de Base.....	74
4.4.2.2. Evolução do Potencial Hídrico Foliar.....	78
4.4.3. IRGA – Trocas Gasosas ao Nível Estomático	85
4.5. Evolução do Desenvolvimento Vegetativo.....	86
4.5.1. Coberto Vegetal	86

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

4.5.2. Densidade do Coberto Vegetal	87
4.6. Produção e Qualidade	89
4.6.2. Colheita e Avaliação Quantitativa	90
4.6.3. Qualidade do Mosto à Vindima.....	90
5. Conclusão	93
6. Referências Bibliográficas	95
Anexos.....	97

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Evolução de PHF.....	Página 29
Tabela 2 – Evapotranspiração e Crescimento Vegetativo.....	Página 36
Tabela 3 – Fatores do Potencial Hídrico Celular.....	Página 41
Tabela 4 – Tempo de Rega.....	Página 55
Tabela 5 – Estados Fenológicos.....	Página 73
Tabela 6 – Média do Número de Olhos.....	Página 75
Tabela 7 – Análise Estatística Abrolhamento.....	Página 75
Tabela 8 – Percentagens de Abrolhamento.....	Página 76
Tabela 9 – Análise Estatística Carga.....	Página 76
Tabela 10 – Evapotranspiração e Tempo de Rega.....	Página 78
Tabela 11 – Média dos Valores de PHF Base.....	Página 81
Tabela 12 – Análise Estatística de PHF Base nas Modalidades.....	Página 82
Tabela 13 – Análise Estatística de PHF Base na Semana 1.....	Página 82

Tabela 14 – Análise Estatística de PHF Base na Semana 2.....	Página 83
Tabela 15 – Análise Estatística de PHF Base na Semana 3.....	Página 83
Tabela 16 – Análise Estatística de PHF Base na Semana 4.....	Página 84
Tabela 17 – Análise Estatística de PHF Base na Semana 5.....	Página 84
Tabela 18 – Análise Estatística de PHF Base na Semana 6.....	Página 85
Tabela 19 – Análise Estatística de PHF Base na Semana 7.....	Página 85
Tabela 20 – Análise Estatística de PHF Base nos Patamares.....	Página 86
Tabela 21 – Análise Estatística de PHF Base nos Bardos.....	Página 87
Tabela 22 – Evolução do Potencial Diário.....	Página 88
Tabela 23 – Médias da Fotossíntese e Condutância Estomática.....	Página 89
Tabela 24 – Média da Área Foliar Total.....	Página 91
Tabela 25 – Análise Estatística da Área Foliar Total (3-Set).....	Página 92
Tabela 26 – Análise Estatística da Área Foliar Netas (3-Set).....	Página 92
Tabela 27 – Análise Estatística da Área Foliar Principal (3-Set).....	Página 92
Tabela 28 – Análise Estatística da Área Foliar Principal (20-Jul).....	Página 92
Tabela 29 – Análise Estatística da Área Foliar Principal (25-Mai).....	Página 93
Tabela 30 – Dados de Point-Quadrat nas Modalidades.....	Página 93
Tabela 31 – Médias dos Dados Recolhidos à Vindima.....	Página 94
Tabela 32 – Análise Estatística dos Dados da Colheita.....	Página 95
Tabela 33 – Análise Estatística da Colheita a 16 e 19 de Agosto.....	Página 96
Tabela 34 – Dados da Colheita de 3 de Setembro.....	Página 97

Lista de Figuras

Figura 1 – Região Demarcada do Douro.....	Página 16
Figura 2 – Parcela de Touriga Nacional.....	Página 18
Figura 3 – Painel Solar e Estação Meteorológica.....	Página 20
Figura 4 – Continuum Solo-Planta-Atmosfera.....	Página 21
Figura 5 – Efeitos Estruturais nas Células Vegetais.....	Página 22
Figura 6 – Botija de Azoto Comprimido.....	Página 24
Figura 7 – Câmara de Pressão e Schölander.....	Página 26
Figura 8 – Modelo de Coesão-Tensão.....	Página 27
Figura 9 – Relações entre Potencial Base, Água e Fotossíntese.....	Página 30
Figura 10 – Fórmula Química de um Tanino Isolado.....	Página 31
Figura 11 – Lei de Ohm.....	Página 33
Figura 12 – Células Estomáticas.....	Página 34
Figura 13 – Gradiente de Potencial Eletroquímico.....	Página 38
Figura 14 – Rizosfera.....	Página 39
Figura 15 – Evapotranspiração na Vinha em Portugal.....	Página 45
Figura 16 – Tubo e Código de Cores.....	Página 46
Figura 17 – Integrado Autocompensante.....	Página 49
Figura 18 – Variáveis de Euler.....	Página 50
Figura 19 – Tubo Autocompensante e Gotejador.....	Página 52
Figura 20 – Localização da Parcela do Ensaio.....	Página 53
Figura 21 – Disposição do Ensaio.....	Página 54

Figura 22 - Folhas de Touriga Nacional.....	Página 56
Figura 23 – Solo na Quinta da Cabreira.....	Página 58
Figura 24 – Bagos-Ervilha.....	Página 59
Figura 25 – Medições da Área Foliar.....	Página 61
Figura 26 – Nervuras Laterais.....	Página 61
Figura 27 – Câmara de Schölander.....	Página 63
Figura 28 – Disposição da Câmara.....	Página 64
Figura 29 – Medições IRGA.....	Página 65
Figura 30 – Aparelho de Medição para Acidez e pH.....	Página 67
Figura 31 – Miura One.....	Página 67
Figura 32 – Pressupostos Estatísticos Parte 1.....	Página 69
Figura 33 – Pressupostos Estatísticos Parte 2.....	Página 70
Figura 34 – Evolução da Temperatura e Radiação.....	Página 71
Figura 35 – Evolução da Precipitação.....	Página 71
Figura 36 – Temperaturas Médias (Estação da Vilariza).....	Página 72
Figura 37 – Evolução do Potencial Hídrico de Base.....	Página 79

1. Introdução

A produção vitivinícola é sem dúvida um fator sócio-económico e cultural extremamente importante em Portugal. No entanto, é preciso ter em conta as mudanças climáticas, que podem gerar em algumas regiões nacionais, condições de stress hídrico, devido à escassez de água. Ora, as vinhas localizadas na Região Demarcada do Douro, em particular na sub-região do Douro Superior, estão frequentemente sujeitas a períodos de défice hídrico devido à irregularidade e baixos valores de precipitação verificadas nessa região. Associado a este défice hídrico, também estão presentes altas temperaturas, o que se pode tornar um fator limitante na atividade agrícola nas regiões com clima Mediterrâneo. No caso da vinha, mesmo sabendo-se que é uma cultura com grande adaptabilidade a condições extremas, é igualmente necessário ter atenção aos fatores de indução de stress.

Outro aspeto importante é que o número de dias secos por ano tem vindo a aumentar nos anos recentes e em todas as regiões do sul da Europa, e as previsões levam a crer que esse número irá aumentar. Quanto maior a escassez mundial de recursos hídricos, e o aumento da sua procura para a atividade vitivinícola, associado ao aumento dos custos referentes à irrigação, maior a necessidade de desenvolvimento de modelos de irrigação mais eficientes no uso dos recursos hídricos, não comprometendo a qualidade final das uvas (Myburgh, 2010b).

Uma prática recorrente que tem vindo a ser aplicada, de forma a garantir o potencial qualitativo das uvas produzidas, é a aplicação de modelos de irrigação deficitária nas vinhas. O uso deste tipo de irrigação leva a uma melhor manipulação do vigor vegetativo, levando à obtenção de vinhos de grande qualidade e na redução de custos. Isto é essencial para que os viticultores consigam praticar uma viticultura sustentável e competitiva.

Deste modo, podemos dizer que o objetivo deste ensaio é criar conhecimento técnico e científico, passível de ser usado pelos viticultores da região do Douro, de forma a otimizarem os seus modelos de irrigação. Esta otimização tem como objetivo a redução do desperdício de água, a diminuição dos custos associados ao uso de sistemas de irrigação e a melhoria dos parâmetros de qualidade do produto final.

A produção vitivinícola na região do Douro baseia-se em videiras sujeitas a um elevado défice hídrico potencial, em que a diferença entre evapotranspiração e a precipitação pode chegar aos 730-750 mm entre o abrolhamento e a vindima. A precipitação costuma ter uma distribuição assimétrica, variando com alguma regularidade ao longo do ano, com valores maiores em Dezembro e Janeiro, e com valores menores em Julho e Agosto. Nos meses mais chuvosos, a precipitação varia entre os 50,6 mm e os 204,3 mm. Nos meses menos chuvosos, os valores de precipitação variam entre os 6,9 mm e os 16,2 mm (IVDP, 2010).

A ocorrência de anos secos é muito maior do que a ocorrência de anos com precipitação acima da média, sendo que o ano deste presente ensaio foi particularmente quente e seco. A exposição solar influencia, também, o comportamento da vinha, visto que a margem norte do Douro está sob a influência de ventos secos do sul, e a margem sul do Douro está exposta aos ventos do norte, mais frios e húmidos e a uma menor insolação. Relativamente à configuração desta região, é possível afirmar que é constituída por contornos irregulares, com cotas entre os 60 e os 700 metros. Das 3 sub-regiões já mencionadas, todas elas encontram-se protegidas dos ventos provenientes do Atlântico pelas serras do Marão e de Montemuro, no entanto, a região do Baixo-Corgo ainda sofre algum tipo de influência de ventos mais húmidos.

O Baixo-Corgo tem uma menor área total, mas com a maior percentagem de vinha em relação à sua área. Com uma área total de 45 000 ha, esta zona tem cerca de 14 500 ha destinada à vinha (IVDP, 2015a). Devido à influência dos ventos marítimos e por ter solos mais profundos, o Baixo-Corgo é mais fértil, com produções elevadas e enorme potencial para vinhos de origem protegida Douro (DOP). O Baixo-Corgo é também a região mais propícia a sofrer com trovoadas frequentes, acompanhadas de fortes precipitações e granizo podendo gerar alguns efeitos erosivos (Queiroz, 1996).

No Cima-Corgo, a influência das correntes aéreas de origem marítima já não se faz sentir, levando a que haja uma diminuição da precipitação anual e um aumento das temperaturas durante os meses mais quentes. A área total desta região ronda os 95 000 ha, sendo que a área de vinha total é de aproximadamente 20 900 ha. As condições edafoclimáticas resultam num ambiente menos favorável ao desenvolvimento da videira, levando a menores produções unitárias. No entanto, estas mesmas condições permitem um melhor desenvolvimento dos bagos, permitindo uma vinificação de melhores vinhos, tanto vinhos do Porto como vinhos DOP Douro. (Magalhães, 2015)

A última sub-região a caracterizar é denominada Douro Superior, sendo de grande importância para este trabalho, visto ser o local do ensaio, e na figura 2 podemos observar fachada Noroeste da Quinta da Cabreira, na parcela de Touriga Nacional. É a região com maior extensão, com 110 000 ha de área total, e cerca de 10 190 ha de área de vinha. É caracterizada pela sua geografia de declive acentuado, mas menos acidentada, permitindo a instalação de mecanização. Nas zonas mais a montante o clima é quente e seco durante o Verão, o que levou frequentemente à necessidade de instalação de sistemas de irrigação, permitindo assim combater o stress hídrico, levando a melhores quantidades de produção. É possível também mencionar que na era pós-filoxera, esta região sofreu algumas transformações, resultantes da aplicação de uma viticultura mais moderna. Este tipo de viticultura consiste em modelos de vinha que permitam proteger o solo da erosão provocada pelas chuvas (Magalhães, 2005).



Figura 2: Localização da parcela de Touriga Nacional, próxima do Rio Douro.

2.2. Rega na Vinha

Sendo, no geral, uma cultura de sequeiro, a vinha, em termos gerais, tem uma grande capacidade de adaptação a deficiências hídricas. Estas características advêm dos seus elementos anatómicos e morfológicos, entre eles o calibre dos seus vasos xilémicos e a profundidade de enraizamento, bem como a sua regulação estomática (Magalhães, 2008). Em termos tradicionais, a vinha é cultivada em condições de sequeiro, não usando qualquer tipo de rega, a não ser para a produção de uva de mesa. Na Europa, para a produção de uva com objetivos de vinificação, ainda existe a noção que a rega

prejudica a maturação, resultando em vinhos menos alcoólicos, mais ácidos e pobres em componentes fenólicos. E a verdade é que, nos países com clima predominantemente mediterrânico, a vinha sem rega tem conseguido manter uma produção razoável, com vinhos de ótima qualidade.

Nos países do Novo Mundo, como a Argentina e o Chile, a aplicação de rega na vinha já tem sido mais frequente, sendo uma prática corrente dos viticultores. Nestas zonas o efeito da rega é notório, levando a obter produções mais elevadas do que as dos países europeus, sem que hajam diminuições da qualidade. Noutras zonas com clima seco e quente, como a Austrália e a África do Sul, tem sido aplicado a rega gota-a-gota, permitindo obter vinhos com uma boa relação de preço e qualidade. Nos Estados Unidos, mais propriamente na Califórnia, a rega também tem sido uma prática recorrente, levando também a bons níveis de qualidade (Magalhães, 2008).

Ora, em Portugal, devido a algumas limitações de ordem legal, e devido à tradição da cultura de vinha em sequeiro, a rega aplicada na vinha só tem vindo a ser usada nos últimos anos, principalmente no Alentejo e no Douro essencialmente na sub-região do Douro Superior. A rega tem vindo a crescer em Portugal devido principalmente a dois fatores. Em primeiro lugar, o fato de nos últimos anos o clima ter vindo a mudar, com o aumento da temperatura média global, leva à ocorrência de anos secos, limitando a rentabilidade da vinha em regiões mais áridas. Em segundo lugar, a exigência dos mercados orienta o viticultor a produzir mais e melhor, fazendo face à competitividade com vinhos estrangeiros, estando cada vez mais presentes no nosso mercado. Deste modo, através da rega, nas zonas com maior stress hídrico, consegue-se evitar quebras de produção por desidratação dos bagos, e por outro lado, obtém-se melhor qualidade, impedindo paragens de maturação precoces. O uso de estações meteorológicas, como as que são usadas na Quinta Cabreira, também ajudam a obter uso mais eficiente da água, tal como a que podemos observar na figura 3.



Figura 3: Painel solar e respetiva estação meteorológica usada na Quinta da Cabreira; estão presentes duas estações, uma na parcela de Touriga Nacional e outra na parcela de Touriga Franca.

A rega interfere sempre no chamado modelo contínuo solo-planta-atmosfera, que está dependente da capacidade de retenção e disponibilidade de água num solo. Esta é medida pelo diferencial conhecido como Capacidade de Campo e pelo Coeficiente de Emurchecimento, sendo este como o valor de humidade a partir do qual as plantas perdem turgidez, fecham os estomas, deixa de haver transferência de vapor das folhas para a atmosfera e entram em murchidão permanente. Em relação ao Coeficiente de Emurchecimento, é aceite na maioria das plantas o valor de humidade extraído à pressão de $-1\ 500\ \text{kPa}$, enquanto que para a Capacidade de Campo existe um consenso geral em que varia de acordo com a textura e teor de matéria orgânica do solo.

A estimativa de valores para água utilizável (em mm), para uma espessura de enraizamento de 1 m, mostra um mínimo de 160 mm nos solos de texturas finas, e um máximo de 199 mm nos solos de texturas médias, tornando-os mais favoráveis para as relações hídricas solo-planta. Mesmo assim, há que ter em conta que nem toda a água utilizável está facilmente disponível, e deste modo, surge um conceito importante, o conceito de Água Facilmente Utilizável (AFU). Para a vinha, estes valores situam-se entre a Capacidade de Campo e os potenciais hídricos na ordem de -40 a $-60\ \text{kPa}$ (White, 2006).

A espessura de enraizamento, a proporção volumétrica de terra fina, a densidade aparente da terra fina e a percentagem de água utilizável são fatores usados no cálculo da água utilizável para a vinha (Magalhães, 2008). No cálculo da água utilizável também deve-se ter em conta o teor crítico de humidade (TCH), sendo variável com o estado

fenológico e os objetivos de produção. Este valor, se ao medir-se o potencial hídrico foliar de base, não existirem perdas por evapotranspiração e a tensão da água na folha for idêntica à tensão da água no solo, deve ser usado como indicador de humidade correspondente ao limite inferior da água facilmente utilizável. Além da textura, a composição química e a profundidade do solo também exercem influência na água disponível. Na figura 4 podemos observar um resumo esquemático das relações entre a Capacidade de Campo, o Teor Crítico de Humidade, o Coeficiente de Emurchecimento e a Água Facilmente Utilizável.



Figura 4: Relações importantes no contínuo solo-planta-atmosfera, observando-se a relevância que a Água Facilmente Disponível tem no desenvolvimento da planta.

Com frequência, as raízes da vinha ultrapassam a profundidade de surribo, sendo usual em solos derivados de xistos, em que o sistema radicular penetra através de fissuras xistosas, permitindo um fornecimento hídrico extra durante o período estival. Mas, de forma a não produzir alterações negativas na qualidade das uvas, tem que se ponderar cuidadosamente o uso da rega em solos profundos, visto que nestes casos o fornecimento de água é sempre satisfatório. A água disponível em termos de rega é em função da natureza do solo, mas também do *input* da quantidade de precipitação e do *output* decorrente da evapotranspiração potencial da cultura. Desta forma, dependerá também das características físicas do solo, das técnicas da sua manutenção, do sistema de condução e das condições atmosféricas. O estado da fertilidade do solo é de igual forma importante, pois as deficiências nutritivas limitam a condutividade hidráulica das raízes, sendo um ponto negativo em situações de stress hídrico. As práticas culturais de manutenção do solo também têm influência direta na evapotranspiração, ao realizar controlo de infestantes, mobilizações superficiais e relevamentos adequados. O sistema de condução é também relevante pois interfere na evapotranspiração, pela maior ou

menor expressão vegetativa e vigor. Deste modo, são importantes a forma de condução, a densidade, a disposição da plantação, as intervenções em verde e as características individuais de cada casta (Magalhães, 2008).

A água na videira possui funções estruturais, bem como outras funções importantes como o transporte de nutrientes, faz também parte do protoplasma celular, é elemento reativo na fotólise, e é também fulcral na hidrólise do amido e na dissolução gasosa (Magalhães, 2008). A sua importância na manutenção da turgescência celular é inegável, sendo importante para o crescimento vegetativo e regulação estomática (Hidalgo, 1999). A matéria seca também é influenciada pela quantidade de água presente na videira, o que tem papel um papel importantíssimo, pois esta matéria seca inclui também o número de cachos e o seu tamanho. Quando o crescimento vegetativo é incrementado – pelo aumento da disponibilidade hídrica – há um acentuado desenvolvimento dos ápices vegetativos, da formação de netas e do aumento da área foliar. Outro aspeto influenciado pela água é o desenvolvimento radicular, o que por si só resulta em aumento de vigor e a um aumento da fertilidade dos gomos.

Quando o fornecimento hídrico é elevado, a diferenciação das inflorescências é prejudicada e o ciclo vegetativo é alongado, atrasando a maturação das uvas. O vingamento do fruto é também prejudicado. As regas no período de floração são desaconselháveis, pois alteram a curva de crescimento dos pâmpanos (Magalhães, 2008). Na maturação, quando a disponibilidade hídrica do solo se aproxima da capacidade de campo, desde o vingamento, provoca um aumento do volume dos bagos, resultando numa diluição dos componentes da uva, como a redução da concentração de açúcares e de compostos fenólicos. No entanto, em situações de extremo calor e de seca, há paragens de maturação durante o dia por deficiência hídrica. Desta forma, a rega quando é criteriosamente aplicada é vantajosa para a videira, pois favorece a evolução da maturação, traduzindo-se por um adequado equilíbrio de açúcares e ácidos, e uma maior concentração em compostos fenólicos.

Pela diferença de potenciais hídricos do solo e de potenciais hídricos foliares, a água entra na videira, sendo que estes potenciais variam ao longo do dia, em função da temperatura do ar, da radiação, da velocidade do vento, da humidade relativa, e do estado hídrico do solo (Magalhães, 2008). Desta forma, podemos então definir o potencial hídrico como a energia que pode ceder uma unidade de volume de água no decurso de uma transformação isotérmica e reversível, fazendo-a passar do estado atual à de água livre sob pressão atmosférica (Koundouras, 1999). Recorrendo ao uso de câmaras de pressão, e através de azoto comprimido, é possível identificar

quantitativamente quais os valores desta energia de potencial hídrico. O estado hídrico da videira está dependente deste potencial, pela água absorvida pelo sistema radicular, mas também está dependente da transpiração. A transpiração é o fenómeno mais importante que está relacionado com as exigências hídricas, sendo regulado por vários fatores, como o clima e a genética, visto que a capacidade de transpiração é específica para cada casta ou porta-enxerto, tendo em conta a função da densidade estomática das folhas.

No processo de transpiração a libertação de água dá-se pelos ostíolos dos estomas, sempre que o grau de turgescência das células de guarda permite a sua abertura. Quando isso acontece, dão-se as trocas gasosas no nível estomático, pela absorção de oxigénio e libertação de dióxido de carbono pela respiração, quer pela fixação de dióxido de carbono pela fotossíntese. Todas as trocas gasosas são também condicionadas pela maior ou menor resistência estomática, sendo esta mesma medida pela condutância estomática. Igualmente importantes são os valores de balanço de água, sendo medido pela eficiência intrínseca do uso da água, traduzido pela relação entre a fotossíntese/transpiração.

Em alturas que se tem presente um défice hídrico, a resposta dos estomas leva a um encerramento dos mesmos, à medida que o potencial foliar se torna mais negativo, levando também a um aumento da concentração do ácido abscísico. Também é afetada a atividade fotossintética quando a disponibilidade hídrica é diminuída, visto que a condutância estomática e a redução das trocas gasosas entre a atmosfera e as câmaras estomáticas do mesófilo das folhas. A fotorrespiração também diminui com a carência hídrica, pela redução da molécula Rubisco, sendo que igualmente a síntese proteica é diminuída, visto que dá-se o estímulo da hidrólise das proteínas foliares, aumentando os aminoácidos livres (Magalhães, 2015).

Existem castas que respondem de maneiras diferentes ao stress hídrico, resultando em formas de adaptação distintas. São tipos de comportamento que podem ser avaliados em isohidrismo, em que quando é atingido um potencial hídrico limite, mantêm-no pelo encerramento dos estomas, economizando a água utilizada. Também existem comportamentos anisohídricos, que após absorverem atingirem o limiar crítico continuam a absorver água disponível no solo, mantendo os estomas abertos durante mais tempo, proporcionando a transpiração e diminuição do potencial hídrico foliar. Quando temos situações de carência hídrica acentuada, há certas manifestações que se podem observar nas videiras, como a ocorrência de processos de desavinho e de bagoinha. Por outro lado, nos períodos do pós-vingamento pode ocorrer um menor

desenvolvimento dos bagos, pois temos também uma redução da elasticidade das paredes celulares e diminuição do volume celular.

Será importante mencionar também que o excesso de água no solo é atingido por vários mecanismos, como a falta de oxigénio na macroporosidade do solo que é ocupada pela água, e pela acumulação de substâncias tóxicas. Também a insolubilidade do fósforo, por aumento do ferro sob a forma ferrosa, e também de diminuição do conteúdo azotado do solo, por formação do azoto livre a partir de nitritos, com acumulação de azoto amoniacal. Igualmente, quando temos presente uma diminuição da mineralização da matéria orgânica, com acumulação de produtos tóxicos, tais como o etileno, com acumulação de produtos tóxicos; quando são aumentados o etileno e o ABA, diminuem por outro lado as giberelinas e citoquininas sintetizadas na raiz. O stress hídrico provocado por excesso de água apenas ocorre em climas tipicamente Mediterrânicos, até períodos da floração e vingamento, e em fases posteriores, principalmente em meses como Julho e Agosto, temos carências hídricas do solo acentuadas, durante os períodos de crescimento dos bagos e da maturação.

A disponibilidade hídrica está relacionada com vários aspetos, não sendo só uma consequência dos critérios de rega, mas também uma consequência da capacidade de retenção e de disponibilidade em água do solo, em função da sua textura, refletindo-se no potencial hídrico e na condutância estomática ao longo do dia e do ciclo vegetativo. Os comportamentos fisiológicos da videira face a solos com diferentes texturas e disponibilidade em água é verificado por Kounduras (1999), sendo que a disponibilidade hídrica nestes solos se refletiu na planta por meio de diferentes valores do potencial hídrico de base (ψ_{base}), do potencial hídrico diário (ψ_{foliar}) e da condutância estomática (gs). Os valores do ψ_{base} estão relacionados com os valores do ψ_{foliar} , sendo que corresponderão a valores mais negativos quanto menor é a água disponível do solo, e são medidos com recurso a uma câmara de pressão, tal como observado na figura 7. Por outro lado, em geral é observado que a condutância estomática se reduz a partir do meio-dia. O potencial hídrico foliar é uma medida do estado energético da água no sistema, sendo o parâmetro que melhor define o estado hídrico da planta, sendo uma função do potencial de base, da transpiração e da resistência no trajeto solo-folha (Magalhães, 2008). A videira tem uma resposta em função do stress hídrico pelo encerramento dos estomas, diminuindo a transpiração. A redução da condutância estomática parece estar ligada a sinais químicos transmitidos da raiz para a parte aérea, tendo o ABA um papel fundamental, levando ao aumento da concentração xilémica em situações de stress hídrico, diminuindo a absorção de CO_2 e o aumento da temperatura

da folha (Schultz, 1996). O potencial de base, por sua vez, está relacionado com a disponibilidade hídrica do solo e com a atividade fotossintética.



Figura 7: Câmara de pressão de Schölander usada neste ensaio para a medição dos potenciais de base e foliar.

2.3. Água – Componente Importante da Videira

A água é um componente muito importante na videira, visto representar cerca de 50 % do peso nos órgãos atempados, e entre 45 e 85 % nos órgãos herbáceos. Sendo assim, a água tem um papel importante no transporte dos nutrientes absorvidos pela raiz e de todos os fotoassimilados. O transporte de água é fulcral, e a teoria de Dixon da coesão-tensão enfatiza esse aspeto, tal como podemos observar na figura 8. Também é um fator essencial para manter a turgescência celular, o que é essencial igualmente para o crescimento vegetativo e a regulação estomática (Hidalgo, 1999). A produção global da videira é muito dependente da água, pois esta mesma influencia a atividade fotossintética, influenciando a maior ou menor produção de matéria seca. A água favorece o crescimento vegetativo, que aumenta proporcionalmente ao aumento da disponibilidade da água. Por isso mesmo é que, em situações de stress hídrico, o crescimento vegetativo é afetado, levando ao aparecimento de folhas mais pequenas e cloróticas, cessação da atividade dos ápices vegetativos, queda prematura de folhas por senescência, e diminuição da atividade fotossintética (Magalhães, 2008).

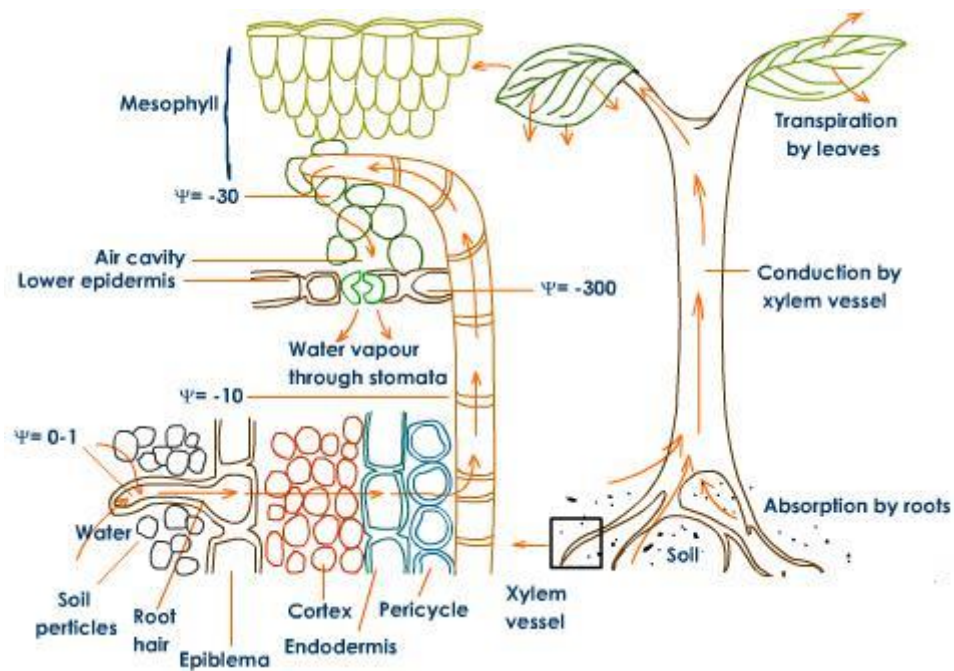


Figura 8: Transporte de água e de nutrientes por diferenças de potenciais entre as raízes e condutas xilémicas/floémicas, segundo o modelo da coesão-tensão de Dixon (Gramer & Kozlowski, 1960).

Em condições de stress hídrico, o desenvolvimento em número e tamanho das inflorescências é afetado negativamente, influenciando o processo fotossintético, sobre processos indiretos sobre a fotólise, e sobre processos diretos na síntese de citoquininas nas raízes. A insuficiente absorção de água afeta a produtividade fotossintética, sendo que desta forma, os fotoassimilados obtidos, que são indispensáveis no equilíbrio Carbono/Azoto, e responsáveis pela produção de hormonas que estimulam a diferenciação, sofrem uma quebra de produção. No entanto, num clima tipicamente mediterrânico, as situações de stress hídrico não se observam com frequência, no período de indução e diferenciação das inflorescências. Mas, com excesso de água em solos com textura pesada, devido à redução drástica da oxigenação radicular, pode-se provocar uma redução do crescimento e da atividade metabólica da videira. Deste modo, os hidratos de carbono produzidos poderão ser insuficientes para garantir as necessidades energéticas que a diferenciação floral exige, levando igualmente a efeitos negativos na fertilidade dos gomos (Magalhães, 2008).

É possível afirmar então uma correlação importante entre os efeitos da disponibilidade hídrica no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Por outro lado, também verifica-se que o sistema de condução e a manutenção da vinha influencia a *performance* da irrigação, sendo que é importante ter em conta fatores como o compasso, a densidade de plantação, o formato da condução, o número de planos de superfície foliar exposta, e a existência de enrelvamento ou infestantes (Magalhães, 2015). A quantidade de

radiação solar que incide diretamente sobre a canópia da videira influencia diretamente a quantidade de água utilizada pela videira. De igual importância, os efeitos da radiação solar, da humidade do ar e do vento, determinam a quantidade de água que a videira utiliza caso não hajam restrições hídricas no solo. E os efeitos do défice hídrico na videira podem ser benéficos ou prejudiciais na produção em função do seu vigor e da época em que ocorrem (Prichard, 2004).

As necessidades hídricas da videira não são constantes ao longo do ano, pois em diferentes fases do crescimento do bago e da videira, em função do objetivo final de produção, o nível de stress hídrico necessário tem variações. O crescimento e o desenvolvimento do bago estão relacionados com o transporte de água, sacarose e de nutrientes, por toda a videira. No entanto, os ácidos orgânicos são produzidos no interior do bago (Hunter, 2001). E a ocorrência de algum stress hídrico durante a época de crescimento vegetativo já admitido ser um aspeto benéfico para a obtenção de vinhos de qualidade. Mas a característica mais importante é a época em que o stress hídrico ocorre.

No período desde o abrolhamento dos gomos (estado fenológico A na escala de Baggiolini) à floração (estado fenológico I), o stress hídrico deve ser mínimo, ou seja, a restrição de água deve atingir valores muito baixos, na ordem dos $\Psi_b \leq -0,2$ MPa (Potencial Hídrico de Base). Na tabela 1 podemos verificar a evolução de potencial hídrico em duas parcelas ao longo do dia. Desta forma, a videira tem os recursos necessários para iniciar o seu crescimento vegetativo e formar uma canópia com dimensão suficiente para assegurar a produção dos fotoassimilados necessários à maturação (Magalhães, 2015). Nos climas tipicamente Mediterrânicos as reservas hídricas em geral são suficientes para que a videira inicie o seu desenvolvimento sem irrigação, no entanto, é necessário verificar se a precipitação que ocorre na Primavera é suficiente para suprir as necessárias hídricas da videira. Caso não seja suficiente, é necessário aplicar irrigação. Mesmo assim, um viticultor tem que ser cauteloso, pois na Primavera as videiras ainda não sofrem sintomas de stress hídrico severo (Peacock, 2000). E também o excesso de água poderá ser prejudicial pois incentiva o crescimento vegetativo numa fase em que este deveria abrandar para se iniciar a floração (Ferrão, 2014).

Tabela 1: Evolução de PHF (ψ) em MPa em duas parcelas: regada (R) e não-regada (NR) ao longo do dia (Magalhães, 2015).

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Ψ	Parcelas	6h	12h	15h	18h
	R	-0.2	-1.5	-1.4	-0.5
	NR	-0.7	-1.7	-1.6	-1.5

Entre a floração e o vingamento, tanto a falta como o excesso de água são prejudiciais à videira, mais em concreto, à formação e desenvolvimento de bagos. Estas situações são propensas à ocorrência de desavinho (Magalhães, 2015). Do vingamento ao pintor, o crescimento vegetativo desacelera, sendo que nesta época o crescimento dos bagos torna-se a prioridade, dando-se a multiplicação e aumento das células existentes nos tecidos da polpa do bago (Magalhães, 2015). Ora, nesta fase é possível, pelo uso da rega, direcionar a produção das videiras para objetivos quantitativos ou qualitativos. Isto acontece porque o transporte dentro da planta, de água e de fotoassimilados, tanto para dentro como para fora dos bagos, é essencial para o aumento de volume dos bagos e para a acumulação de compostos que determinam a sua qualidade final (Ojeda, 2002).

A indução de algum stress moderado nas videiras ($-0,4 \leq \Psi_b \leq -0,3$ MPa) diminui a produção total por cepa, no entanto, leva à produção de uvas com maior concentração em açúcares, compostos fenólicos e aromas, possuindo então um melhor potencial qualitativo de vinificação. Segundo Peacock (2000) e Ojeda (2002), as vinhas que sofrem stress hídrico no período pós-pintor, têm tendência a reduzir o tamanho dos seus bagos, mas a melhorar a composição dos mesmos. No entanto, situações de stress hídrico severo nas videiras ($-0,6 \leq \Psi_b \leq -0,5$ MPa) não significa necessariamente uma melhor qualidade das uvas; pelo contrário, um stress hídrico severo leva a uma biossíntese incorreta dos taninos, proantocianidinas, e de antiocianinas (Ojeda, 2002). O início da maturação e a sua duração também são influenciadas pelas disponibilidades hídricas (Lopes, 2008). Na maturação, a ausência de stress hídrico leva a aumento do vigor e do rendimento, mas prejudica o potencial de vinificação dos bagos, sendo que numa situação destas, a maturação atrasa-se devido à influência do crescimento vegetativo (Myburgh, 2010a). Segundo Lopes *et al.* (1999) o potencial de base está estreitamente relacionado com a disponibilidade hídrica do solo e com a atividade fotossintética, tal como podemos observar na figura abaixo.

$$\begin{aligned}\Psi_b &= -0,1 \text{ MPa} - 40\% \text{ de H}_2\text{O disponível} \\ \Psi_b &= -0,2 \text{ MPa} - 20\% \text{ de H}_2\text{O disponível} \\ \Psi_b &= -0,4 \text{ MPa} - 5\% \text{ de H}_2\text{O disponível} \\ \Psi_b &= -0,2 - A = 12 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \\ \Psi_b &= -0,4 - A = 10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \\ \Psi_b &= -0,8 - A = 3 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}\end{aligned}$$

Figura 9: Relação entre ψ_b (MPa), H₂O disponível e fotossíntese (A).

Portanto, durante a fase de maturação, em situações de conforto hídrico, os açúcares e polifenóis diluem-se no bago, levando a uma redução do teor alcoólico provável, tendo como consequência a produção de vinho ácido e com carácter herbáceo. Deste modo, induzindo um stress moderado nesta fase de maturação ($-0,7 \leq \Psi_b \leq -0,3$ MPa), pode-se garantir que a produção de fotoassimilados não é afetada, favorecendo a composição do bago, com a acumulação de açúcares e polifenóis que inibam o crescimento vegetativo (Magalhães, 2015). Mas, por outro lado, o stress hídrico severo leva a um aumento do teor alcoólico e a vinhos adstringentes, em vinhos tintos, e a vinhos aromaticamente neutros, no caso de brancos (Ojeda, 2002). A qualidade obtida na vinificação de vinhos tintos é dependente da concentração de compostos fenólicos nos bagos, que está estritamente relacionada com situações de défice hídrico, elevando o potencial qualitativo da vinificação das uvas tintas. Os principais compostos fenólicos sintetizados nos bagos são as antocianinas e os taninos, que por sua vez têm um forte impacto na componente sensorial dos vinhos tintos. A fórmula química dos taninos pode ser observada na figura 10, sendo de grande importância para o desenvolvimento de um bom vinho. Portanto, a composição dos bagos em termos destes componentes à vindima está dependente do stress hídrico induzido nas videiras durante o ciclo vegetativo (Bucchetti, 2011).

2.4. Necessidades Hídricas e de Nutrientes

Na videira, cerca de 70% a 95% da sua massa é composta por água (H₂O). Até mesmo as componentes lenhosas, como o tronco e as raízes, são constituídas por cerca de 60% de água. Esta quantidade de água serve como solvente para iões e moléculas orgânicas no interior das células da vinha. Portanto, a água é difundida livremente e lentamente através das bicamadas fosfolipídicas das membranas celulares, sendo que esta difusão aumenta com o aumento da temperatura. Por outro lado, as moléculas de água são pequenas o suficiente para penetrar as membranas por intermédio de poros,

chamadas aquaporinas. As células usam prótons e íons cálcio (Ca^{2+}), em junção com a remoção de grupos fosfato das proteínas, para fechar estas aquaporinas. Além disso, as membranas usam também cargas elétricas para repelir certas moléculas à entrada dos poros. Ou seja, as membranas são seletivamente permeáveis ou semipermeáveis, sendo que “portões” especializados são necessários para outras moléculas além da água para passar por estas membranas (Keller, 2010).

A concentração de solutos e de pequenas moléculas orgânicas, é normalmente repelida pelas aberturas dos poros na membrana celular, o que leva a que a água se mova passivamente através das aquaporinas e através da membrana celular. Este movimento da água chama-se de osmose, e basicamente consiste no mecanismo em que a presença de solutos na célula exerce uma força que “puxa” as moléculas de água à volta da célula (potencial osmótico). Quanto maior a concentração de solutos, maior quantidade de água irá para dentro da célula para reestabelecer o equilíbrio. É então criada uma pressão, chamada de pressão osmótica (π) de uma solução aquosa, aumentando também quando a temperatura aumenta, e sendo expressa pela equação $\pi = RT$, em que o R é a constante universal dos gases e o T é a temperatura termodinâmica em Kelvin (Keller, 2010).

Na vinha, tal como em geral em todas as células vegetais, os principais solutos osmóticos são a sacarose, malato, potássio e cloreto. E cada tipo de soluto tem uma função osmótica diferente e também destinos metabólicos diferentes. Quando os solutos atraem a água para uma célula, esta mesma aumenta de tamanho e faz com que a membrana celular exerça força na parede celular. Isto leva a uma parede de pressão, sendo que a pressão hidrostática interna da célula é igual à diferença de pressão osmótica entre a célula e o que está ao seu redor. Assim, a pressão osmótica é definida como a pressão hidrostática exercida para parar o fluxo de água através de uma membrana que separa duas soluções diferentes.

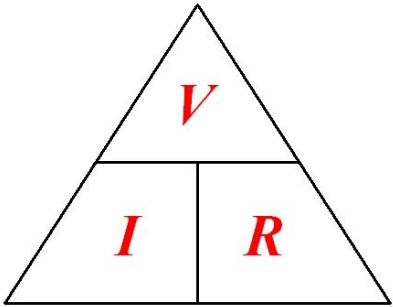
Os solutos e as forças de pressão nas plantas são definidos como energia por unidade de volume, e no caso de soluções aquosas, por unidade molar de água líquida (aproximadamente 18 mL mol^{-1}), chamando-se este termo: o potencial hídrico. O potencial hídrico é descrito como sendo a soma dos vários potenciais que surgem dos efeitos da pressão hidrostática e dos solutos, em junção com as interações das componentes sólidas e macromoléculas, tendo em conta também a força gravitacional. Este potencial é descrito pela seguinte equação:

$$\psi = P - \pi + \psi_M + \psi_G = \psi_P + \psi_\pi + \psi_M + \psi_G$$

Nesta equação o ψ_P é o potencial hidrostático, ψ_π é o potencial exercido pelos solutos, ψ_M é o potencial do contacto com matrizes sólidas e ψ_G é o potencial das interações gravitacionais (Keller, 2010). O potencial ψ é uma medida da concentração da água, e π é uma medida da quantidade de moléculas dissolvidas, que fazem diminuir ou aumentar o potencial hídrico. As plantas em geral usam solutos osmóticos para baixar o seu ψ , de forma a conseguirem atrair água para as suas células. Sendo assim, os solutos são de enorme importância para conseguir gerar pressão, pressão esta que é necessária para a expansão celular e consequentemente, para o crescimento da planta. No entanto, apesar de a pressão ter que ser grande o suficiente para expandir a célula, esta também deve ser baixa o suficiente para sustentar o fluxo de moléculas de H_2O , pois este fluxo é necessário para a expansão celular, devido às características de incompressibilidade da água.

O próprio termo “potencial hídrico” pode ser aplicado não só a soluções celulares, mas também a soluções no solo e no ar, ou seja, a qualquer meio onde haja conteúdo em H_2O . O potencial hídrico também pode ser estimado através da humidade relativa do ar, sendo esta a quantidade de vapor de água no ar numa temperatura específica em relação à quantidade total de ar que se pode ter nessa temperatura. Esta capacidade de retenção de água como vapor no ar aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura.

Nas plantas, a evaporação de água é conhecida como evapotranspiração, que representa a quantidade total de água evaporada. A transpiração proveniente de uma folha depende grandemente de 2 fatores: a diferença existente na concentração de vapor de água entre os espaços com ar da folha (ψ_{folha}) e o ar externo (ψ_{ar}), mais a resistência (r) entre este caminho até o ser difundido. À medida que a água evapora das paredes celulares, é transformada em vapor de água para a atmosfera, enfrentando as tais resistências mencionadas anteriormente, tais como as que existem no poro estomático e as que também existem na superfície da folha, mas a resistência estomática (r_e) é sem dúvida a mais consistente. A taxa de transpiração em cada folha aumenta à medida que a diferença de vapor no sentido folha-ar aumenta, e diminui à medida que a resistência aumenta. Usando a lei de Ohm, tal como enunciada na figura 11, temos então uma equação que descreve esta relação: $E = \Delta\psi (r_{estomática} + r_{folha})^{-1}$, em que $\Delta\psi = \psi - \psi_{ar}$ (Keller, 2010).

$$V = I R$$


O diagrama mostra um triângulo equilátero dividido por uma linha horizontal e uma linha vertical que desce do ponto médio da base até ao ponto médio da linha horizontal. Os vértices e o ponto médio da base são rotulados com as letras *V*, *I* e *R* em vermelho, respectivamente. O *V* está no topo, o *I* no canto inferior esquerdo e o *R* no canto inferior direito.

$$I = \frac{V}{R} \qquad R = \frac{V}{I}$$

Figura 11: Segundo a lei de Ohm, a resistência (*R*) é calculada pela divisão entre a voltagem (*V*) e a corrente elétrica (*I*); aplicando este cálculo à mecânica de fluidos, temos que a taxa de transpiração está relacionado com as diferenças de resistências (*r*).

Ora, numa folha típica de uma vinha, entre 5 a 10% da transpiração ocorre através do cutículo, mas a grande massa de vapor de água evaporada ocorre através dos poros estomáticos, mesmo estes cobrindo apenas aproximadamente 5% da superfície foliar. Os poros estomáticos funcionam como reguladores de pressão, controlando a transpiração e respondendo a alterações ambientais. Isto acontece por exemplo quando a luz incide na folha e induz a abertura do estoma ao nascer do sol, e o oposto ao anoitecer, quando o estoma fecha, devido a alterações fotossintéticas que ocorrem ao nível da concentração de CO₂. Isto leva a que não hajam perdas de água durante a noite, quando não há luz suficiente para ter fotossíntese, e sendo assim, não há a necessidade para que o CO₂ se difunda para a folha. Os poros estomáticos são como válvulas de gás hidráulicas, sendo que se abrem quando as células-guarda deixam entrar água e incham, fazendo com que a pressão hidrostática aumente. Estas células-guarda também regulam a abertura dos poros através de um equilíbrio de amido/malato e de H⁺/K⁺. Também, o efeito hidráulico da ψ_{folha} na abertura estomática pode ser amplificada pelo ácido abscísico (ABA), e a reação dos estomas perante este ácido abscísico é rápida e independente da pressão hídrica foliar (Keller, 2010).

A evaporação de água foliar costuma também ser rápida, ocorrendo entre 10 a 20 minutos, ou seja, a folha perde o total do seu conteúdo em água. Esta transpiração acaba por ser benéfica por causa da sua pressão negativa no xilema, criada pela extração da água do solo, que acaba por ajudar no crescimento da planta. Por outro lado, a evaporação é também um processo de arrefecimento, e isto faz com que as plantas não sobreaqueçam durante a exposição solar. No entanto, a temperatura foliar

pode facilmente flutuar acima dos 10°C quando está exposta ao sol, sendo que a videira tem que ter outras estratégias de arrefecimento para além da transpiração. A transpiração é a principal estratégia, pois permite uma expulsão eficaz de calor como vapor de água. Mas também existem outras estratégias como redirecionar a radiação solar, transferindo assim o calor proveniente desta radiação para as envoltórias ou para a atmosfera. A esta percentagem de radiação refletida pela superfície chama-se albedo. Por fim, outra estratégia importante chama-se de convecção, que consiste no arrefecimento do ar em redor da folha. A energia das moléculas na superfície foliar é permutada com a energia das moléculas do ar envolvente, que está em contacto direto com a superfície da folha. Isso resulta num aquecimento do ar envolvente, que se torna mais leve e eleva-se, levando a que o ar envolvente das folhas arrefeça.

Cerca de 95 a 98% de toda a água absorvida pelas raízes é perdida para a atmosfera através da transpiração, portanto pode-se afirmar que é apenas necessária uma pequena quantidade de água para o crescimento e expansão celular da planta. Deste modo, a transpiração torna-se no principal mecanismo pelo qual a água é transportada pelo xilema, desde a videira até às suas folhas. Este fato leva a que o movimento da água desde do tronco da videira atinja valores mínimos durante a noite e valores máximos ao meio-dia, devido ao aumento da radiação solar. Estas interações criam um chamado solo-planta-ar *continuum*, que consiste no sistema contínuo formado pela água em transpiração, levando a que as superfícies de evaporação como as folhas e os rebentos façam obrigar as raízes a absorver mais água, compensando a água perdida pela transpiração.

É conhecido que as espécies *Vitis* conseguem gerar uma pressão nas raízes excedentária de 0,1 MPa, o que é suficiente para elevar a água a uma altura acima dos 10 metros acima do solo. Portanto, as videiras com um stress hídrico moderado, é possível reestabelecer o fluxo de água de forma relativamente rápida, e nas videiras com um stress hídrico mais severo, para fazer este restabelecimento será necessário um aumento da ψ_{folha} e uma completa cessação do fluxo xilémico, sendo que será mais provável que esta reparação do fluxo hídrico ocorra durante o período da noite. O mais importante a notar será o fato de que as raízes, troncos e rebentos não serem apenas uma espécie de tubos ocos, e conseguirem assegurar um fluxo hídrico residual, mesmo estando a videira sob condições de secura. Este fluxo residual permite reidratar as folhas até que a humidade do solo seja restaurada.

Estes aspetos são mencionados anteriormente são relevantes, pois as vinhas que crescem sob condições de um stress hídrico moderado chegam a desenvolver vasos

xilémicos mais estreitos do que as videiras que crescem sem stress hídrico (Lovisolo & Schubert, 1998). Vasos xilémicos mais estreitos resultam de uma fotossíntese reduzida, devido a uma maior resistência estomática (r_e). De qualquer forma, numa situação de stress hídrico ou não, o fluxo de água do solo para as raízes é mantido por sucção na superfície da raiz, que é causada pela pressão radicular ou pela transpiração. Sendo assim, o fluxo de água para as raízes, e das raízes para as folhas, é causado pelo gradiente de potencial hídrico. Novamente, usando a lei de Ohm, a taxa de fluxo de água do solo até às folhas pode ser descrita pela equação: $F = \Delta\psi l(\text{água})$, em que o $l(\text{água})$ é a condutância hidráulica e o $\Delta\psi = \psi(\text{solo}) - \psi(\text{folha})$ (Keller, 2010). Na tabela 2 podemos observar os valores médios de condutância estomática em $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para diferentes estados fenológicos sobre quatro tratamentos de irrigação num estudo de stress hídrico em plantas de Oliveira *et al.* (2005).

Tabela 2: Os quatros tratamentos diferenciavam na altura em que a rega era aplicada; tratamento 1 com irrigação quando ETo igual a 22mm; tratamento 2 com irrigação quando ETo igual a 33mm; tratamento 3 com irrigação ETo igual a 44mm; tratamento 4 com irrigação apenas para o estabelecimento da cultura.

Tratamento	Crescimento Vegetativo	Floração	Maturação
1	121,6	122,0	140,0
2	147,0	103,0	141,0
3	133,6	80,7	108,0
4	127,6	69,8	25,4

Quando a água encontra resistência através da raiz até ao xilema e depois do xilema até à folha e ao fruto, essa resistência é assegurada pelas membranas celulares com permeabilidade regulada pelas aquaporinas. A resistência hídrica (r_h) é criada pela arquitetura hidráulica do xilema, e está relacionada também com a altura da planta. Ora, quanto mais alta a planta, mais a fotossíntese é diminuída, devido ao fecho precoce dos seus estomas. Por vezes, esta resistência pode também ser aumentada por cavitações no xilema, sendo esta uma das principais razões que leva a que a resistência hídrica aumente em plantas debaixo de stress/seca. Se a formação destas cavitações for evitada, o fluxo hídrico do solo até às folhas deve balancear a perda de água através

dos estomas, tal como é descrito pela seguinte equação: $(\psi_{folha} - \psi_{ar})(r_{estomática} + r_{folha})^{-1}$ (Keller, 2010).

Será necessário ter em conta que a água irá sempre fluir do solo para a videira desde que ψ_{xilema} for menor que o ψ_{solo} , e sempre fluirá do xilema para a folha desde que o ψ_{folha} seja inferior ao do ψ_{xilema} (Keller, 2010). Ao longo do desenvolvimento da videira, à medida que o solo vai secando devido a alterações climáticas, a extração de água pelas raízes e o seu transporte até aos rebentos fica mais difícil, e de forma a manter o gradiente de potencial hídrico que mantém o fluxo de água, o ψ nos pânpanos tem que diminuir. Sendo assim, o potencial ψ_{folha} antes do amanhecer pode ser usado como um bom indicador do potencial ψ_{solo} , ao qual as raízes estão a ser expostas. Também é possível mencionar que, apesar de os valores do ψ_{folha} diminuírem consideravelmente num solo seco, as suas amplitudes diárias tendem a aumentar, porque a diminuição do potencial é maior durante o dia do que durante a noite.

O fluxo de água também tem outras ligações com as raízes, sendo que este mesmo é proporcional à área de superfície do sistema radicular (Steudle, 2001). As videiras em geral têm sempre sistemas radiculares densos e conseguem extrair água eficazmente das camadas do solo. Ora, em condições de não existência de irrigação, as raízes continuam a crescer mais profundamente, e o potencial hídrico ψ da raiz que avança em profundidade irá manter-se alto desde que encontre água. Em relação à absorção de nutrientes, estes mesmos encontram-se dissolvidos no solo, portanto, a absorção de nutrientes é dependente da absorção de água e do fluxo de água existente no *continuum* solo-raiz-rebento. A disponibilidade da água e dos nutrientes também varia consoante a altura do ano, e muitas vezes, a disponibilidade de diferentes nutrientes varia grandemente consoante o local. O tipo de raízes também está relacionado com o tipo de nutrientes que são absorvidos; raízes superficiais costumam absorver nutrientes como potássio e fósforo, e as raízes profundas tendem a absorver mais água e nutrientes como o nitrato. A redistribuição hidráulica existente nas videiras mantém as raízes de superfície ativas, desde que se mantenham em contacto com o solo seco, estando então preparadas para receber a água proveniente das chuvas ou da irrigação. Outro aspeto interessante é que ao aumentar a humidade do solo por perdas de água radiculares quando o ψ_{solo} é menor que o ψ_{raiz} , a distribuição hidráulica permite que raízes consigam absorver nutrientes num solo seco. (Bauerle & Richards, 2008)

Ao entrar na raiz, a água inicialmente move-se radialmente pela epiderme e pelos tecidos do córtex, quer por caminhos simplásticos ou apoplásticos. No caminho

simplástico a água passa por tudo o que é intracelular, ou seja, por dentro das membranas celulares. Por outro lado, o caminho apoplástico envolve tudo o que seja intercelular, ou seja, a água passa pelos espaços intracelulares, entre as paredes celulares, e as condutas xilémicas. A água alterna o seu movimento entre as duas vias, não se movendo exclusivamente num caminho ou noutro. As membranas celulares têm um papel importante neste aspeto, pois são semipermeáveis, sendo permeáveis para alguns solutos e pequenos iões. Este grau de seletividade pode ser medido pelo coeficiente de reflexão (σ), que varia de 0 a 1. As membranas com um coeficiente $\sigma = 0$ não são seletivas, sendo igualmente permeáveis quer perante a água quer perante solutos. Já as membranas com um coeficiente $\sigma = 1$ retêm solutos por completo e têm grande permeabilidade para a água, mas não para os solutos (Keller, 2010). As membranas também têm a habilidade de controlar a passagem de iões, agindo como isoladores elétricos, levando à criação de gradientes de potenciais elétricos ao longo da membrana, em junção com os gradientes de concentração. À soma dos gradientes de concentração e da carga elétrica iónica chamamos o gradiente de potencial eletroquímico da planta, tal como podemos verificar esquematicamente na figura abaixo.

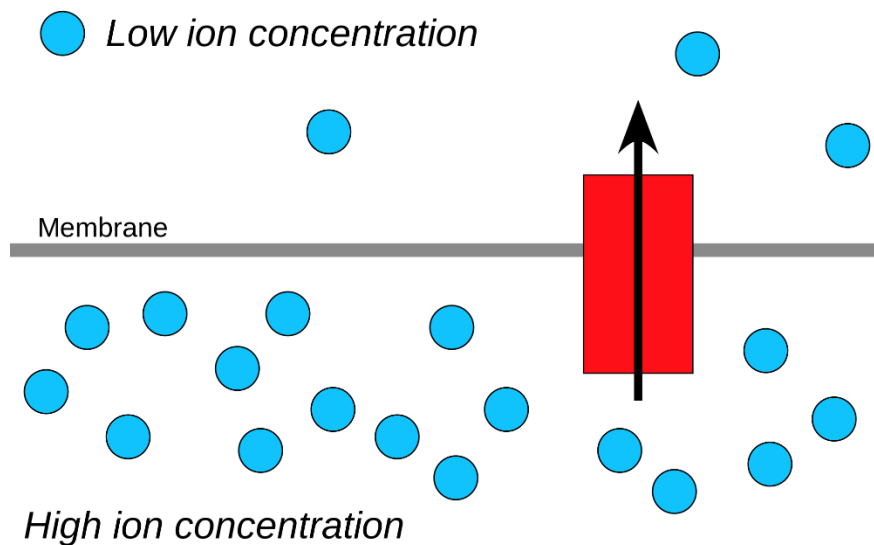


Figura 13: Gradiente de potencial eletroquímico das células vegetais, regulando a concentração e carga elétrica nas plantas.

A carga elétrica iónica é muitas vezes regulada por certos canais, chamados de canais iónicos, sendo que em geral são específicos para catiões. Um canal é chamado de específico se for seletivo ou discriminar um certo grupo de moléculas, ou determinada molécula, independentemente se o seu movimento é ativo ou passivo. Os iões que se movem passivamente simplesmente difundem-se através dos canais, sendo que a sua direção é um potencial grande para um potencial baixo, ou seja, de uma alta

concentração para uma baixa concentração. Por outro lado, os iões que se movem ativamente têm que ser transportados, isto é, movimentados através de membranas por proteínas transportadoras, normalmente de uma situação de baixa concentração para uma situação de alta concentração (Grossman & Takahashi, 2001).

A importância do transporte ativo na videira deve-se ao facto de permitir que a concentração de nutrientes e de iões no interior das raízes, num valor muito superior ao solo em redor das raízes. Igualmente importante é o facto de que a concentração de nutrientes e iões dentro das células das raízes gera um potencial osmótico que permite que o fluxo de água possa existir na planta, desde as raízes até às folhas. Maior parte dos aniões em questão (NO_3^- , SO_4^- e Cl^-) são sempre transportados contra o seu potencial eletroquímico, e por outro lado, alguns catiões (K^+ , NH_4^+ e Na^+) são transportados passivamente, em geral, por canais iónicos, quando a sua presença na solução do solo é alta (Tester & Leigh, 2001). Este transporte de catiões e aniões, no entanto, é aproximadamente idêntico, levando a que as raízes mantenham a sua neutralidade eletroquímica. Esta neutralidade é mantida por expelir para o solo em volta iões como H^+ , HCO_3^- e OH^- , criando-se assim a rizosfera, tal como podemos observar na esquematicamente figura 14 (Clarkson & Hanson, 1980).

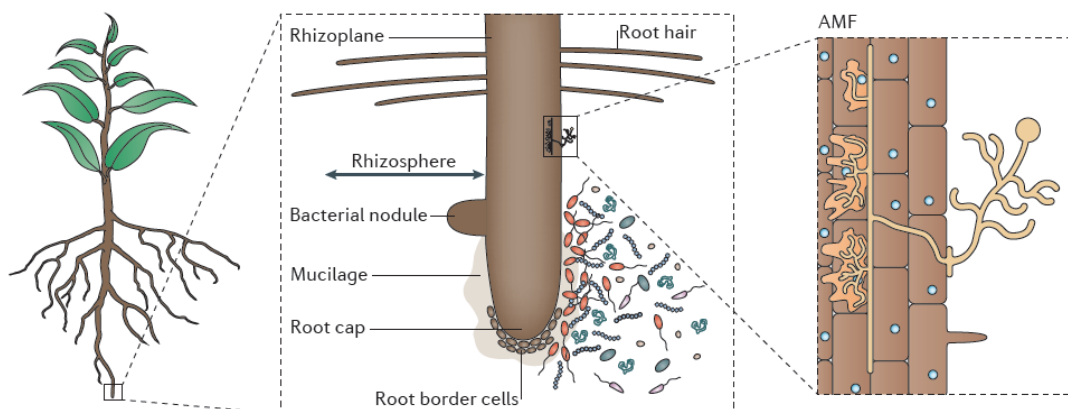


Figura 14: Esquema da rizosfera nas raízes de uma planta.

Apesar de existirem estes mecanismos reguladores da concentração de nutrientes e de iões, a seiva xilémica é muito diluída, quando comparada com outras componentes da planta, como a seiva floémica. Mesmo assim, o xilema consegue transportar grandes quantidades de iões e nutrientes, devido ao fluxo da evapotranspiração. Baixas concentrações estão geralmente relacionadas com grandes taxas de fluxo, que por si só estão também relacionadas com um grande transporte de água pelas raízes (Keller, 2010). Além de iões, o xilema também transporta açúcares, principalmente durante a

remobilização de reservas na Primavera, bem como, também transporta aminoácidos, iões metálicos e hormonas. Ora, este transporte de longa distância de água e solutos no xilema, a corrente de transpiração, ocorre por um sistema de fluxo de massa, em que grandes números de moléculas de H₂O movem-se em conjunto e arrastam consigo os iões no fluxo, sendo esta corrente impulsionada por um gradiente de pressão hidrostático causado pela transpiração, que faz a água impulsionar-se contra a força gravítica e as forças de fricção. Esta taxa de fluxo pode aumentar exponencialmente se os vasos xilémicos aumentarem também em diâmetro, tal como a sua velocidade (Tyree & Ewers, 1991).

As videiras mais antigas têm vasos mais largos, ou seja, conseguem transportar mais água de forma a conseguirem suportar uma área foliar maior, ao contrário de vinhas mais novas, e também têm sistemas radiculares mais profundos e complexos, que também conseguem aceder a mais água, o que também é importante para uma boa corrente de evapotranspiração. Por outro lado, as videiras mais antigas também conseguem absorver mais água por terem um maior número de células de parênquima xilémicas, ou seja, conseguem combater melhor situações de seca, estando menos vulneráveis aos problemas que surgem da cavitação do xilema. Mas quer nas videiras mais antigas, como nas mais novas, as raízes, troncos e cordões servem como compartimentos de reserva de água, ou seja, servem para a videira como bombeadores hidráulicos (Schultz & Matthews, 1988).

Em relação aos nutrientes, as videiras mais antigas também são capazes de absorver mais nutrientes e iões como o nitrato e potássio, devido ao facto de terem as células de parênquima do seu xilema mais desenvolvidas. Elas têm a capacidade de absorver grandes quantidades de nutrientes durante períodos de abundância, e posteriormente, libertar esses nutrientes em situações de carência nutricional. Sendo assim, podemos afirmar que no fluxo da evapotranspiração o xilema é uma das componentes mais importantes, sendo que compõe cerca de 99% do seu tamanho. Por outro lado, as suas células de parênquima servem também de reservatório quer de água, quer de nutrientes. Esta corrente, ou fluxo, de evapotranspiração, costuma ser fluída, no entanto, existem determinadas resistências à sua fluidez. As principais resistências encontram-se nas raízes e nas folhas, sendo que a resistência radial nas radiculares é mais considerável (Steudle & Peterson, 1998). A resistência foliar também é para ser levada em conta, sendo que numa vinha em transpiração, a resistência causada pelas folhas corresponde a 25% da resistência total ao fluxo da evapotranspiração.

Como é de esperar, o fluxo de água e de evapotranspiração altera-se consoante a altura do dia, e entre o dia e a noite. Durante o dia, as videiras tendem a perder maior parte da água devido à transpiração, sendo que aproximadamente 1% desta é usada para o metabolismo celular e para a expansão celular. Durante a noite, esta pequena percentagem pode até tornar-se a componente principal do fluxo hídrico, sendo a água mantida em circulação entre o xilema e o floema, mesmo sem qualquer transpiração, tal como na acontece durante a noite (Köckenberger, 1997). Durante o dia, a absorção de água pelas raízes deve exceder a transpiração, para que haja água suficiente para a manutenção das funções da planta, e também para o crescimento da própria planta, visto que a expansão celular é diretamente proporcional à quantidade de água presente na célula (Schopfer, 2006). Isto leva a que as células em expansão tenham em geral uma pressão hídrica celular ($\psi_{\text{célula}}$) menor que as células e tecidos mais maduros. Outro aspeto a considerar é que, visto que as células competem com a evapotranspiração pela água xilémica, as células têm que manter uma pressão hídrica menor também durante o dia, de forma a manterem o crescimento celular também durante o dia, tal como durante a noite (Boyer & Silk, 2004). Na tabela 3 podemos observar um resumo dos fatores que influenciam o potencial hídrico celular ($\psi_{\text{célula}}$).

Tabela 3: Potencial hídrico celular os seus fatores.

Concentração (Potencial Osmótico)	Potencial gerado na célula devido à acumulação de solutos no citoplasma ou vacúolo.
Pressão (Potencial Hidrostático)	Força exercida pela parede celular sobre a membrana, quando as células estão túrgidas, impedindo a destruição celular.
Gravidade (Potencial Gravitacional)	Força gravitacional que faz com que a água tenha que superar para chegar a folhas com alturas diferentes.

As taxas de crescimento das células e dos tecidos mudam rapidamente com a flutuação da pressão hídrica xilémica (ψ_{xilema}) e são grandemente afetados por défices de água (Boyer & Silk, 2004). Por outro lado, o crescimento dos pânpanos nas videiras diminui com o aumento da ψ_{xilema} e cessa completamente quando esta pressão chega

aproximadamente – 1.0 MPa. Ora, visto que o stress hídrico diminui a ψ_{xilema} , uma das principais causas que levam à inibição do crescimento deve-se ao facto na presença de um stress hídrico, a $\Delta\psi$ fica em valores baixos, o que reduz a captação da água pelas células em expansão (Nonami & Boyer, 1987). Uma pressão hídrica xilémica baixa também é responsável pelo reduzido tamanho dos bagos numa videira, sendo que também afeta a fotossíntese realizada por folhas em plantas mais jovens. No entanto, o transporte floémico não é severamente afetado por um baixo ψ_{xilema} . O cenário mais interessante é quando estamos perante videiras com um stress hídrico moderado. Neste caso, os bagos continuam a ser de tamanho reduzido, mas têm um conteúdo em açúcares mais elevado, o que é interessante para a produção.

Num clima mediterrânico, em que o período estival é quente e seco, a deficiência em termos hídricos é um fator limitador na vinha (Magalhães, 2015). O estado hídrico das videiras influencia de forma quantitativa e qualitativa os parâmetros dos bagos, como o peso, o teor em açúcares, a acidez total e a sua composição fenólica. Portanto, resulta de um balanço entre a quantidade de água absorvida pela videira e a quantidade que esta mesma perde por transpiração e evaporação (Magalhães, 2015). Para compreender o verdadeiro estado hídrico das videiras, existem alguns métodos diretos e indiretos na medição de água na videira e no solo, que por sua vez, também ajudam a desenvolver estratégias de rega e a atingir os níveis de stress hídrico pretendidos.

A fisiologia das videiras, o balanço entre o crescimento vegetativo e a produção, e a sua capacidade de se adaptarem ao stress hídrico está diretamente relacionado com determinados fatores, como a combinação da variedade e o porta-enxerto com as condições do *terroir* e as práticas culturais aplicadas (Hunter *et al.*, 2014b). Portanto, o conhecimento do estado hídrico das videiras é muito importante para qualquer região vitivinícola devido à importância que este fator tem para o equilíbrio das videiras e para as componentes qualitativas e quantitativas da produção.

De forma a obter-se dados referentes ao estado hídrico da videira é realizada a medição do seu potencial hídrico. Esta medição é deveras importante por ser considerada uma técnica de referência para analisar o estado hídrico de uma videira. Para efetuar esta medição é apenas necessária uma câmara de pressão de Schölander, sendo de fácil manuseamento. Este potencial hídrico pode ser medido em diferentes períodos do dia, permitindo assim verificar a evolução diária do estado hídrico da videira. Ora, num solo com água disponível e em condições de clima normais, os valores de potencial hídrico vão diminuindo desde o início do dia até ao meio-dia solar, sendo que é neste período

que o potencial hídrico tem os valores mais baixos. Após o meio-dia solar, é expectável um pequeno aumento do potencial ao fim da tarde. No entanto, o valor de potencial registado durante o período noturno é independente das condições climáticas, e por isso é considerado o melhor indicador do nível de água no solo (Magalhães, 2015).

Devemos ter também em conta que ao analisar o estado hídrico das videiras, que também é importante averiguar as variações que ocorrem as trocas gasosas das videiras com o meio ambiente. Através de um equipamento denominado Analisador de Gases por Infravermelhos (*Infrared Gas Analyser* - IRGA) , é possível analisar, entre outros parâmetros, as diferenças de temperatura entre o ar e a superfície foliar da videira, a taxa de fixação de CO₂, a taxa de transpiração e a condutância estomática (Queiroz, 2002).

No que diz respeito à medição de água no solo existem várias metodologias e equipamentos, sendo a gravimetria uma delas. Este é um método de análise de quantidade de água presente no solo, mas não nos informa acerca da tensão sobre a qual a água está retida e se está disponível para as raízes. Também se recorre ao uso de tensiómetros que permitem medir o teor de humidade do solo circundante à sonda, e que por meio de curvas de retenção de água permitem determinar a quantidade de água no solo. No entanto, visto que o sistema radicular das videiras atinge grandes dimensões faz com que este método seja pouco preciso (Magalhães, 2015).

Em relação à evapotranspiração, pode-se afirmar que o seu cálculo é o valor das perdas combinadas entre a transpiração da videira e a evaporação da água do solo. Em situações em que a videira tem a sua área foliar limitada, a maioria da água é perdida pela evaporação. No entanto, quando a videira tem a sua canópia bem formada a maioria da água é perdida através da sua transpiração. Igualmente, quando a evapotranspiração tem valores altos significa que estamos perante dias com grande incidência da radiação solar, ou dias secos e ventosos (Moyer, 2013).

Existem vários métodos para calcular a taxa de evapotranspiração na vinha, que se baseiam nas correlações empíricas entre a evapotranspiração e os fatores que a influenciam. Existem 3 métodos mais comuns, como o método de Blaney-Criddle, o método de Penman-Monteith e o método da Tina de Classe A. O método de Blaney-Criddle tem como fatores a relação entre a temperatura média mensal com a percentagem diária de horas de iluminação, em relação ao total anual que se pressupõem que é diretamente proporcional à evapotranspiração (Magalhães, 2015). Já o método de Tina de Classe A consiste na avaliação da evaporação ocorrida numa

tina circular assente no solo, sendo depois relacionada com os coeficientes K_p e K_c , que são referentes às características da tina e às características da cultura. Na figura 15 podemos ver os dados de evapotranspiração para a vinha em Portugal.

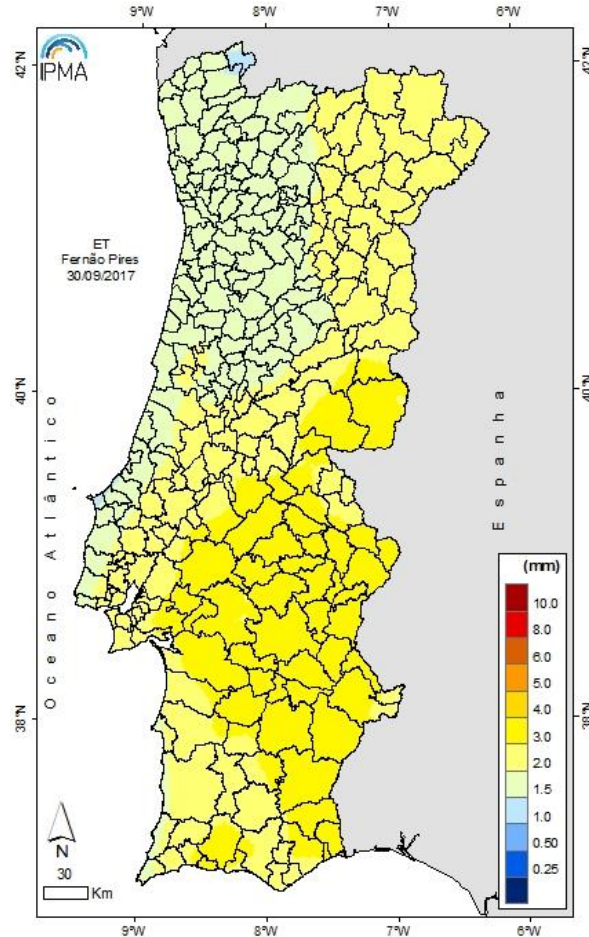


Figura 15: Valores de evapotranspiração na vinha em Portugal (IPMA, 2017).

Na avaliação da evapotranspiração o método mais comum é o método de Penman-Monteith, sendo também o método de referência da FAO (FAO, 1998). Neste método é pressuposto que a evapotranspiração faz parte de um balanço energético entre a superfície de evaporação da videira e a atmosfera, em que o valor da evapotranspiração de referência é obtido com base nos valores diários de temperatura, da velocidade do vento, da intensidade da radiação solar e da humidade relativa (Magalhães, 2015).

2.5. Rega Deficitária

Em países de clima Mediterrânico, as práticas de viticultura em sequeiro são habituais, visto que ajudam a obter vinhos de melhor qualidade. E de uma forma geral, a água acumulada nos solos das chuvas de Inverno é suficiente para garantir que a

manutenção da videira durante os meses estivais. Mesmo assim, nestas condições de sequeiro, a videira já próximo da vindima apresenta alguns sintomas de stress hídrico (Moutinho, 2011). Nestas regiões com vinha em sequeiro, algumas estratégias de rega deficitária são aplicadas, como a rega deficitária *controlada* (RDI) e a rega radicular *alternada* (PRD). Estas estratégias são uma ótima ferramenta de controlo do crescimento vegetativo da videira, de forma a melhorar a composição dos bagos, e também, conseguir um uso dos recursos hídricos de forma mais eficiente (Lopes, 2011). Na figura 16 podemos observar o sistema de rega de gota-a-gota usado neste ensaio, sendo um tubo autocompensante, com capacidade de aguentar pressões hidráulicas elevadas.



Figura 16: Tubo autocompensante usado no sistema gota-a-gota neste ensaio, e respetiva marcação da dotação de rega por um código de cores.

Pelo uso da rega na vinha pretende-se obter um stress hídrico com os valores desejados ao longo do ano, e para isso, é necessária uma gestão cuidada e informada da rega. Esta gestão tem por objetivo encontrar um equilíbrio entre o crescimento vegetativo e reprodutivo que permita a obtenção de uma vindima com bons rendimentos e qualidade elevada. As estratégias RDI e PRD têm vindo a ser desenvolvidas e aperfeiçoadas ao longo dos últimos anos, e têm tido sucesso pelas melhorias na qualidade da uva e pela eficiência na utilização dos recursos hídricos (Lopes, 2008). Deste modo, podemos afirmar que uma estratégia de rega ideal será aquela que mantém um stress hídrico moderado, levando a uma pequena diminuição da produção quantitativa total, no entanto, compensando no aumento da qualidade dos bagos (Myburgh, 2010a).

Caso seja pretendido instalar um sistema de irrigação numa vinha é necessário ter em conta alguns fatores, e o fator mais importante de todos é a dotação de água a utilizar. Já foi demonstrado que o excesso de água nas videiras provoca uma diminuição do potencial qualitativo do vinho, levando ao aumento do crescimento vegetativo, resultando num maior ensombramento dos cachos. Resulta também em valores maiores de acidez total e de pH, diluindo os compostos fenólicos importantes para a vinificação de uvas tintas.

Sendo assim, a utilização da água na vinha tem que ser bem planeada e eficiente, e existem diversas formas pelas quais podemos usar a rega eficientemente. Em termos das diferenças de eficiência de irrigação de diferentes sistemas de rega, ao mudarmos de um sistema de rega por aspersão por toda a vinha para um sistema de rega de gota-a-gota em cada videira, a eficiência da utilização da água é substancialmente melhorada (Myburgh, 2010b).

2.5.1. Rega Deficitária Controlada: RDI

A técnica rega deficitária controlada (RDI), é utilizada na produção de vinhos tintos de qualidade. Esta prática consiste na restrição da quantidade de água fornecida à videira, causando um défice na utilização da água pela videira em comparação com videiras regadas sem contenção (Prichard, 2004). É uma das técnicas mais usadas pelos produtores a nível mundial, e tem como objetivo restringir a quantidade de água disponibilizada à videira durante um certo período do seu ciclo. Usualmente, durante o período entre a formação dos bagos até ao pintor é restringido o uso da água, de forma a controlar o crescimento vegetativo tendo em conta os objetivos finais para o potencial qualitativo dos bagos (Lopes, 2011). Isto é importante porque a redução dos recursos hídricos disponíveis para a videira no período pré-pintor leva a uma diminuição da dimensão dos bagos, o que por sua vez aumenta o rácio entre a película e a polpa. Visto que é na película que se encontram a maioria dos compostos fenólicos, este aumento do rácio pode levar ao aumento do potencial qualitativo de vinificação dos bagos.

Na redução da dotação de rega, os recursos de água disponíveis para o sistema radicular no solo ficam limitados a um nível que a videira não consegue absorver toda a água que necessita para combater as perdas por evapotranspiração. Neste sentido, a videira entra numa fase de stress hídrico. A RDI pode consistir numa restrição de valor constante ao longo da época ou a severidade da restrição pode variar dependendo das necessidades da videira (Lopes, 2008). Esta técnica é vantajosa pois é de fácil implementação em climas secos com solos de baixa disponibilidade hídrica. Em

situações em que o lençol freático é alto, associado a solos profundos com grande capacidade de retenção de água, e a videira demonstra capacidade de desenvolvimento de enraizamento extensivo, a aplicação de restrições hídricas tem que estar associada a outras práticas culturais para que se ter o efeito desejado. Estas outras práticas culturais incluem o enrelvamento na entrelinha, de forma a aumentar a competição pela água, a poda radicular, e o aumento da densidade de plantação (Magalhães, 2015).

No entanto, de forma a usar eficientemente esta técnica, também é preciso ter em conta os períodos em que a videira é mais suscetível ao stress hídrico. Ao ser aplicada com sucesso permite obter uvas com grande potencial de vinificação através de efeitos indiretos na composição e exposição solar do cacho. Mas se for mal aplicada, pode levar a grandes perdas de rendimento devido à drástica diminuição do tamanho do bago ou a perdas por escaldão (Lopes, 2011). Também é necessário ter em conta as alterações climáticas e as diversas mudanças ambientais, tais como vagas de calor, que podem influenciar os valores de evapotranspiração e de água presente no solo (Lopes, 2008).

2.5.2. Rega Radicular Alternada: PRD

Esta é uma estratégia desenvolvida nas vinhas australianas para o controlo do crescimento vegetativo da planta sem indução de stress hídrico severo. O método da rega alternada de raízes (Partial Root Drying – PRD), consiste no estabelecimento de um sistema de rega gota-a-gota com duas linhas distintas de gotejadores que funcionam alternadamente entre cada dez ou quinze dias (Lopes, 2011). Isto permite diferenciar as raízes em duas zonas, uma zona húmida e uma zona seca. Ora, a área do sistema radicular que se encontra em stress hídrico emite sinais químicos para as folhas, o que leva ao aumento da concentração de ácido abscísico (ABA) que, por sua vez, induz a redução da condutância estomática. A área húmida do sistema radicular permite à videira absorver água e manter saudável a sua canópia. Segundo Dry et al. (2001), esta interação permite inibir o crescimento vegetativo e controlar o vigor da videira sem que haja quebras substanciais no rendimento, nem épocas de stress hídrico severo.

Realizando uma comparação entre as videiras sujeitas ao método PRD com outras estratégias de rega, as videiras com rega alternada apresentam um melhor microclima na zona dos cachos e uma melhor exposição à radiação solar, sendo estas consequências de um menor crescimento vegetativo. A estratégia PRD também demonstrou uma tendência para o desenvolvimento de um sistema radicular mais profundo. Santos *et al.* (2007), reportam que há um historial de experiências com o

sistema PRD a nível mundial e, na maioria dos casos, este sistema permitiu obter um melhor controlo de crescimento vegetativo, o que por sua vez levou também a uma melhor gestão da canópia e melhor exposição dos cachos à radiação solar. A rega PRD também leva à melhor gestão dos recursos hídricos e à produção de bagos com melhor potencial de vinificação, sem reduções significativas na produção total.

2.5.2. Hidráulica Aplicada à Vinha

Na Quinta da Cabreira são usados vários elementos importantes a salientar do ponto de vista da hidráulica e mecânica de fluidos, visto que a rega é uma parte importante para esta Quinta e para o presente ensaio. Em toda a Quinta são usados tubos autocompensantes, que consistem em tubos gotejadores autorreguladores de pressão, por terem pequenas câmaras de pressão no seu interior, tal como podemos observar na figura 17, que também impedem entupimentos. Esta autorregulação é deveras importante devido às inclinações e declives existentes nas vertentes geológicas da Quinta da Cabreira. Ora, a cada metro de altitude, aumenta a pressão em 1 kg, sendo então fulcral o uso deste tipo de tubagem. À entrada de cada parcela também podemos verificar a existência de válvulas trifásicas reguladoras de pressão, que regulam a pressão conforme a altitude da mesma parcela. Desta forma, a pressão dentro dos tubos em toda a Quinta é mantida constante.



Figura 17: Integrado autocompensante (Produtor: Irricampo).

Ora na vinha, temos que ter em consideração outro aspeto importante, que se trata da hidrocinemática, que é o capítulo da hidráulica que estuda o movimento dos fluidos, de forma a melhor compreender como a rega numa vinha acidentada como as vinhas do Douro Superior pode sofrer com as restrições físicas do próprio escoamento dos fluidos

(Vasconcelos, 2004). Na dinâmica dos fluidos temos que ter em consideração os seguintes aspetos:

- Pressão: $p = p(P, t)$.
- Massa Volúmica: $\rho = \rho(P, t)$.
- Temperatura: $T = T(P, t)$.
- Componentes do Vetor Velocidade: $\vec{v} = v(x)\hat{i} + v(y)\hat{j} + v(z)\hat{k}$.

Usualmente na hidrocinemática os processos são considerados isotérmicos, pelo que a variação de temperatura é desprezível, e sendo a água o fluido em geral mais utilizado e considerado incompressível, a massa volúmica também é considerada desprezível. Deste modo, o número de variáveis de referência ficam apenas quatro: a pressão e as três componentes da velocidade de escoamento. O vetor de velocidade é representado através das variáveis de Euler, sendo caracterizadas as velocidades das partículas que passam em diferentes posições do domínio fluido, ao longo do tempo. A cada instante de tempo interessa determinar a velocidade das partículas que estão em diferentes posições no fluido. O vetor $\vec{v} = \vec{v}(P, t)$ é referente à velocidade da partícula M que está na posição P no instante t, e o vetor $\vec{v} = \vec{v}(P, t + \Delta t)$ é referente à velocidade da partícula N que está na posição P, no instante t + Δt .

Outro aspeto muito importante a considerar na hidrocinemática é o conceito de caudal, que se refere à velocidade média de escoamento. Entende-se por caudal, representado por Q, o volume de fluido que atravessa a seção transversal de um tubo de fluxo por unidade de tempo (Vasconcelos, 2004). Se S for uma superfície em estudo e dS a superfície elementar onde a velocidade é considerada constante e igual à velocidade da partícula que ocupa a posição do centro de gravidade da superfície elementar, \vec{v} , apenas a componente da velocidade normal à superfície contribui para o caudal através dessa mesma superfície, tal como podemos observar na figura. Esta relação é conhecida como cauda elementar, através da área elementar dS, e é nos dada pela seguinte equação:

$$Q = \int_S dQ = \int_S v(n)dS$$

Estes aspetos são importantes para entender a forma como se dá o escoamento de água dentro do tubo gotejador, sendo este um escoamento uniforme durante o período de rega, tomando o mesmo valor qualquer que seja a posição das partículas que ocupam no meio fluido para um dado instante. E para existir esta uniformidade é necessária a existência de um tubo autocompensante em vinhas como as da Quinta da

Cabreira, tal como podemos observar na figura 19. Existem outros tipos de tubo gotejador no mercado, mais propriamente o tubo turbulento, que proporciona um escoamento turbulento ao invés de uniforme. O movimento turbulento caracteriza-se por um deslocamento desordenado das partículas, em que as suas trajectórias se cruzam e as velocidades das partículas varia de modo muito irregular (Vasconcelos, 2004).



Figura 19: Gotejador e tubo autocompensante na parcela de Touriga Nacional.

3. Metodologia

Ao longo deste capítulo serão apresentados os materiais, técnicas e metodologias utilizados ao longo deste trabalho.

3.1. Ensaio

3.1.1. Parcela do Ensaio

A parcela escolhida para este trabalho encontra-se na sub-região da Região Demarcada do Douro conhecida por Douro Superior, em Vila Nova de Foz Côa, no distrito da Guarda, tal como podemos observar na figura 20. Concretamente, o ensaio foi realizado na Quinta da Cabreira (41°03'54.2"N 7°04'00.8"W), propriedade da empresa Quinta do Crasto, sendo que neste local a área total de vinha corresponde a 114 ha dos totais de 140 ha da Quinta. Nesta vinha, existem diversas castas, sendo que entre elas temos a Touriga Franca, Touriga Nacional, Tinta Roriz, Syrah, Alicante Bouschet, Tinta Barroca, Tinta Amarela, Tinta Francisca e Sousão como castas tintas. Também estão presentes castas brancas, como a Viosinho, Rabigato e Verdelho. A variedade da parcela que foi usada para este ensaio é a Touriga Nacional, enxertada do porta-enxerto 110R. Foi plantada em 2006 com um compasso de 1 metro na linha por 2,20 metros na entrelinha. A vinha é conduzida em Monoplano Vertical Ascendente (VSP) e podada em cordão Royat Unilateral.



Figura 20: Localização da parcela de Touriga Nacional na Quinta da Cabreira (Google Earth, 2017).

3.1.2. Delineamento Experimental

De forma a realizar este ensaio, na parcela da casta Touriga Nacional foram escolhidos três patamares, sendo que cada um deles é intercalado por um patamar de guarda, de modo a prevenir eventuais interferências. Podemos ver a localização geral da parcela na figura 2. Nestes três blocos, procedeu-se à marcação das diferentes quatro modalidades: R0, R25, R50 e R75. Respetivamente, cada uma destas modalidades corresponde às áreas onde a dotação de rega é igual a 0, 25, 50 e 75% da evapotranspiração das videiras. Ora, para controlar as diferentes dotações de rega foram instalados tubos gotejadores não perfurados, nas quais foram instalados gotejadores com uma dotação de 2 litros por hora em cada videira para as modalidades R25, gotejadores de 4 litros por hora para as modalidades R50, e um gotejador de 2 litros por hora mais um de 4 litros por hora para as modalidades R75. As modalidades R0 não foram de qualquer forma irrigadas pelo sistema de rega, constituindo, deste modo, a testemunha.

Cada modalidade foi constituída por quarenta videiras em cada bloco, sendo que nestes blocos vinte videiras correspondem ao bardo exterior e as restantes vinte ao bardo interior. Em cada bardo foram rejeitadas do ensaio as cinco videiras iniciais e finais, de modo a que as diferentes modalidades não influenciem os resultados das modalidades em redor. Os dados foram recolhidos em vinte videiras por modalidade em cada patamar, sendo que dez se localizavam no bardo exterior e as outras dez no bardo interior. Sendo assim, o número total de videiras em estudo são duzentas e quarenta (10 videiras x 2 bardos x 4 modalidades x 3 repetições). Podemos observar na figura 21 o delineamento experimental do próprio ensaio.

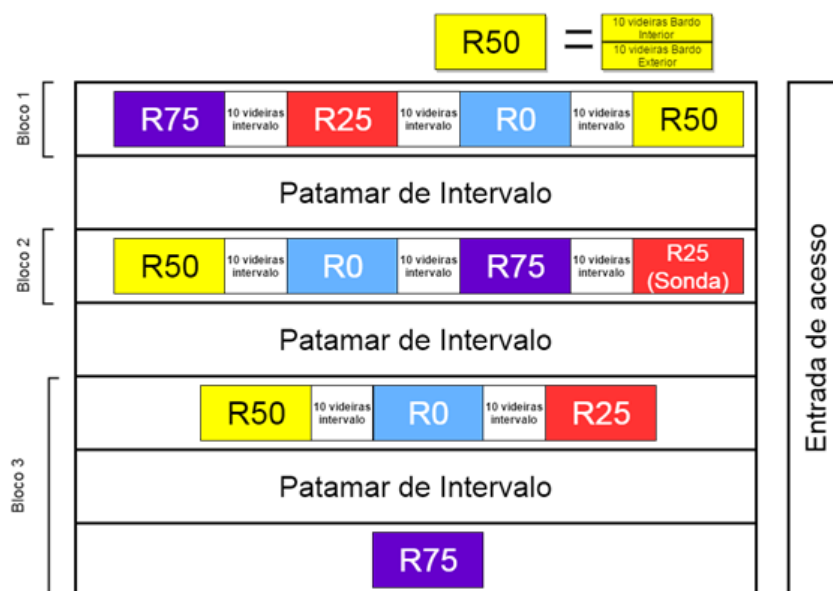


Figura 21: Desenho da disposição do ensaio na parcela de Touriga Nacional.

Na escolha das parcelas foi tido em conta a existência de uma sonda que permite medir o teor de humidade no solo em contínuo de 20 até 80 cm de profundidade. O local onde esta sonda ficou instalada foi na modalidade R25 de forma a conseguir-se comparar os dados com outro estudo a ser desenvolvido numa parcela de Touriga Franca, em que a modalidade de tratamento R50 é o local onde a sua sonda está instalada. Não existe uma ordenação pré-determinada das diferentes modalidades, sendo que estas mesmas foram ordenadas de forma aleatória, tendo em conta que não se obtivesse patamares com a mesma ordem de modalidades.

Ao longo deste ensaio foram efetuados vários momentos de rega, tal como descrito na tabela abaixo. A rega foi sempre efetuada durante o período noturno, permitindo diminuir as perdas de água por evaporação durante o período de irrigação. A rega noturna permite também aumentar a eficiência da rega devido às temperaturas mais baixas que se registam durante a noite.

Tabela 4: Tempo de rega em horas de cada ciclo de rega.

Ciclo de Rega	Tempo de Rega (h)
1ª Rega	7h40
2ª Rega	8h46
3ª Rega	7h41
4ª Rega	9h23
5ª Rega	9h09
6ª Rega	8h43

3.1.1. Material Vegetativo

A casta usada neste trabalho é a Touriga Nacional, sendo ela uma casta tinta de origem antiga nas regiões do Dão e do Douro, e na figura 22 podemos encontrar exemplares fotografados na altura da realização deste ensaio. A sua área de plantação a nível nacional ronda os 8 183 ha, sendo que corresponde a cerca de 4 % da área total de vinha. Esta casta é conhecida pelo seu potencial qualitativo em respeito à vinificação de vinhos tranquilos bem como para vinhos do Porto, em estados de sobrematuração. Os valores de álcool provável e de acidez total para esta casta são médios e altos, sendo que o álcool provável pode-se encontrar entre os 12 a 13 % e a acidez total entre os 6,5 a 8 g/L (Magalhães, 2015).



Figura 22: Folhas de Touriga Nacional.

Esta casta produz cachos de pequenas dimensões, com pesos entre os 100 e os 150 gramas, com uma forma cónica de aspeto compactado. Os seus pedúnculos são de comprimento médio e os seus bagos são pequenos e arredondados de polpa não corada e a película tem presente uma coloração negro-azulada (Magalhães, 2015). A Touriga Nacional é caracterizada pela sua produtividade média, e quando se usa material vegetativo selecionado atinge-se valores de produtividade mais elevados, por ser uma casta vigorosa e de porte semi-erecto. A folha adulta, com uma coloração verde de tons médios, é heterogénea em relação ao seu tamanho, forma e perfil.

Em relação ao porta-enxerto usado na parcela de Touriga Nacional na Quinta da Cabreira foi o 110 Richter. Este é um híbrido de *V. berlandieri* com *V. rupestris*, bem difundido a nível nacional, sendo que induz uma maior produtividade na videira, e adapta-se bem às condições edafoclimáticas encontradas na região do Douro, nomeadamente a secura (Magalhães, 2015).

3.1.1. Operações Culturais

Ao longo do ano na parcela foram efetuadas operações culturais sem diferenciação entre os tratamentos, desta forma não permitindo que os resultados obtidos no ensaio sejam influenciados por diferentes tipos de intervenções. Na condução e desenvolvimento da videira foram efetuadas operações nas parcelas que envolveram a pré-poda e poda, com a consequente trituração da lenha de poda. Foi efetuada também a despampa, e foram efetuadas duas passagens para orientar a vegetação para os arames pareados. No controlo da vegetação na entrelinha, foram efetuadas duas passagens com recurso a uma capinadeira e foi aplicado um herbicida de contacto na linha. De forma a controlar a canópia, foram efetuadas duas despontas mecânicas. Foram também efetuados os seguintes tratamentos fitossanitários:

- Tratamentos para Míldio.
- Tratamentos para Oídio.

3.1.2. Solo

Na Quinta da Cabreira temos presente um tipo de solo típico da cultura da vinha na sub-região do Douro Superior. É um antrossolo com um único horizonte, tendo um baixo valor de matéria orgânica, pertencente à formação geológica do complexo xisto com algumas inclusões de uma formação geológica de natureza granítica nas partes envolventes. Apresenta bastante pedregosidade à superfície e internamente, consequência direta das surribas a que foi sujeito na formação da Quinta. Na figura abaixo podemos verificar um exemplo prático do solo xistoso presente na Quinta da Cabreira.

3.2. Metodologias do Ensaio

3.2.1. Carga

O número de olhos deixados à poda corresponde à carga deixada pelos podadores da Quinta, sendo que esta é de dois olhos por talão. O número de talões em cada videira vai variando, dependendo do seu vigor demonstrado nos anos anteriores, mas em média cada videira apresenta cinco talões. A decisão é tomada pelo podador no momento em que se realiza a poda.

3.2.2. Registos Fenológicos

Os registos fenológicos foram baseados na escala de Baggiolini (1952). Apesar de haver outras escalas, tais como a escala numérica de Eichhorn & Lorenz (1977) a escala de Baggiolini foi a escolhida devido ao conhecimento e experiência prévia nesta escala. Esta escala de tempos biológicos permite a identificação das diferentes fases do desenvolvimento da videira, e consiste na identificação de dezasseis estados do desenvolvimento da videira que são posteriormente codificados de “A” a “P”. Na figura abaixo podemos observar a verificação de um estado numa das etapas deste trabalho, mais propriamente, a identificação do estado K, visualmente correspondente à observação de bagos ervilha.



Figura 24: Bagos ervilha, correspondente ao estado fenológica K da escala de Baggiolini.

3.2.3. Abrolhamento

De forma a quantificar a taxa de abrolhamento foram contabilizados o número de olhos deixados à poda que abrolharam e o número de inflorescências. O número de olhos deixados à poda pelos podadores é de dois olhos por talão, e sendo que cada videira possui em média cinco talões, o número médio de olhos por videira é de dez olhos. Com base nos dados recolhidos em todas as videiras procedeu-se aos seguintes cálculos:

$$\textit{Taxa de Abrolhamento} = \frac{n^{\circ} \textit{olhos abrolhados}}{n^{\circ} \textit{olhos carga}} * 100$$

3.2.4. Área Foliar

Através do método desenvolvido por Lopes & Pinto (2005) foi possível realizar o estudo da evolução da área foliar, sendo este um método não destrutivo. A dimensão da área foliar principal, bem como a dimensão da área foliar das netas, é estimada, e é importante porque permite averiguar a evolução da área foliar das videiras, com um sistema de baixo custo. De forma a obter os dados de evolução foliar neste ensaio, foram escolhidas quatro videiras em cada modalidade, por cada bloco (duas videiras no bardo interior e duas videiras no bardo exterior).

Nas videiras as medições foram realizadas recorrendo à marcação de um sarmento de dimensão média, com cacho, para recolha dos dados. Ora, de forma a escolher as videiras e os sarmentos, foram usados critérios como a homogeneidade e semelhanças com as restantes videiras da parcela. Para conseguirmos observar esta homogeneidade foi medido anteriormente o número de olhos abrolhados em cada videira. Desta forma, foi possível excluir videiras com um número de olhos muito elevados e videiras com um número de olhos baixo, mantendo a semelhança entre as percentagens de abrolhamento.

Foram então escolhidas quarenta e oito videiras para a recolha de dados em três momentos diferentes:

- Primeira área foliar: 25 de Maio (perto da floração).
- Segunda área foliar: 20 de Julho (meio da maturação).
- Terceira área foliar: 3 de Setembro (perto da vindima).

Na figura 25 podemos observar como foi realizada a medição da área foliar neste ensaio: em cada pântano selecionado procede-se à contagem do número de folhas principais e do número de folhas netas. De seguida, nas folhas principais e nas netas seleciona-se a folha de maior e de menor dimensão, realizando-se o registo do comprimento das suas nervuras laterais. Na figura 26 podemos observar esquematicamente o método de medição descrito por Lopes & Pinto (Queiroz, 2012).



Figura 25: Medição de uma nervura lateral de uma folha principal (área foliar).

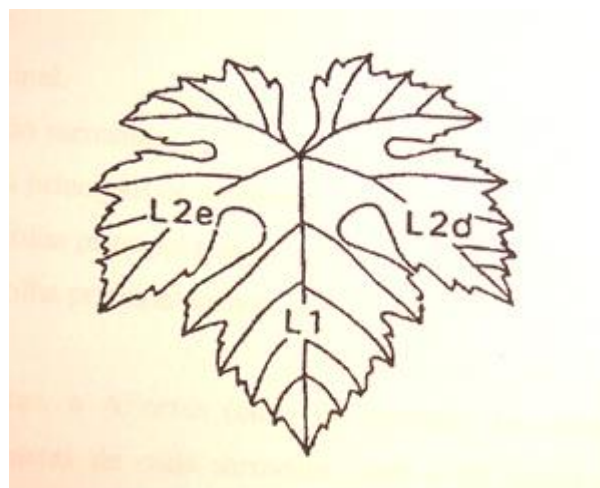


Figura 26: As medições das nervuras laterais esquerda e direita, L2e e L2d respetivamente, são usadas para o cálculo da área foliar.

No entanto, ao longo do crescimento vegetativo foram efetuadas operações culturais de forma a controlar o crescimento. Estas operações incluíram despontas, sendo que assim a dimensão máxima da área foliar esteve sempre comprometida. Deste modo, os resultados obtidos através destas medições serão mais relevantes para determinar se houve uma diminuição da área foliar nos tratamentos com maior stress hídrico, como as modalidades R0 e R25.

3.2.5. Método do *Point-Quadrat*

Nas medições da densidade do coberto foi aplicado o método do *Point-Quadrat* relatado por Smart & Robinson (1991). Estas medições são importantes porque permitem uma avaliação da densidade do coberto. Neste método insere-se uma vara de metal perpendicular à vegetação, em vários espaços pré-determinados, em dois níveis diferentes, ao nível dos cachos e ao nível da meia altura da vegetação. Ao inserir-se a vara metálica na vegetação, registou-se se esta mesma entrava em contacto com folhas (F), cachos (C), ou se não entrava em contacto com nenhum órgão da videira (O) (Poling, 2015).

Nas videiras foram efetuadas oito inserções por modalidade, quatro no bardo interior e quatro no bardo exterior. A partir dos registos obtidos foram calculados os seguintes índices:

- NCF – Número de Camada de Folhas:

$$\frac{\text{número total de contactos com folhas}}{\text{número de inserções}}$$

- PFI – Percentagem de Folhas Interiores:

$$\frac{\text{número total de folhas interiores}}{\text{número total de contactos com folhas}} * 100$$

- PCI – Percentagem de Cachos Interiores:

$$\frac{\text{número total de cachos interiores}}{\text{número total de cachos}} * 100$$

- PB – Percentagem de Buracos:

$$\frac{\text{número total de buracos}}{\text{número total de inserções}} * 100$$

3.2.6. Medições da Atividade Fisiológica da Videira

3.2.6.1. Potencial Hídrico Foliar

As medições do potencial hídrico foliar (Ψ_f) foram efetuadas com recurso a uma câmara de pressão (câmara de Schölander), com a metodologia descrita por Schölander (Schölander, 1965), apresentada na figura 27. De forma a recolher os dados com a câmara de pressão é necessário escolher uma folha adulta com aspeto homogéneo da videira, e realizar um corte fino e regular no pecíolo (usando um instrumento de corte afiado). O pecíolo deve ser suficientemente grande para inserir a folha dentro da câmara, com apenas a ponta do pecíolo no exterior. Seguidamente, com recurso a um doseador, enche-se a câmara com um gás inerte (azoto comprimido), que cria pressão dentro da câmara. Quando o valor da pressão da câmara atingir o ponto de equilíbrio com as forças de retenção de água da folha é possível observar, usando uma lupa, o momento exato em que aparece o fluxo xilémico no corte do pecíolo; nessa altura fecha-se a entrada do gás e regista-se o valor (bar) indicado na câmara de pressão. Estes valores serão posteriormente reduzidos a MPa. Na figura X podemos verificar a disposição geral no terreno da câmara de pressão, com a botija de azoto comprimido, montada a meio do patamar.



Figura 27: Câmara de pressão de Schölander usada no terreno.

Nas quatro modalidades foram recolhidas duas folhas em cada, uma no bardo interior e outra no bardo exterior. Estas medições foram sempre efetuadas na vinha e no local central de cada bloco, de forma a evitar que o período de tempo entre o corte da folha e a medição do seu potencial a folha não sofresse alteração nos seus níveis hídricos. Estas medições tiveram como objetivo controlar a quantidade de água disponível em cada modalidade de rega em diferentes fases do ciclo da videira, e também tiveram como objetivo recolher dados para realizar uma curva do potencial hídrico na videira ao longo do dia.

De forma a controlar a quantidade de água foram efetuadas medições entre as quatro e as cinco horas da manhã em sete dias diferentes. Estas medições permitiram obter os valores do equilíbrio hídrico que se estabelece durante o período noturno entre a videira e a água disponível no sistema radicular do solo, numa fase em que ainda não há intervenção da radiação solar na videira e não há perdas de água por evapotranspiração (potencial de base). No caso das medições para obtenção da curva diária o objetivo era traçar uma curva que estabelecesse a evolução do potencial hídrico das videiras em quatro fases importantes do dia. A primeira fase coincide com as medições das quatro horas da manhã, a segunda fase dá-se às dez horas da manhã, a terceira fase dá-se ao meio-dia solar (altura em que o sol se encontra a 90° sobre as videiras) e uma quarta fase final que se dá às dezassete horas, correspondendo a uma fase em que a intensidade do sol já diminuiu bastante, começando a videira a apresentar sinais de reidratação.

3.2.6.2. Trocas Gasosas Estomáticas

Neste estudo foram também averiguadas as trocas gasosas ao nível dos estomas, medidas através de um equipamento portátil analisador de gases por infravermelhos (IRGA – *Infrared Gas Analyser*), tal como podemos observar na figura 29. O aparelho é composto por uma câmara de Parkinson com uma área de 6,25 cm² equipada com dois sensores de medição de temperatura da folha e do ar no seu interior, um analisador de CO₂ a infravermelhos, uma unidade de captação de ar com um medidor de fluxo de ar e uma unidade de armazenamento e tratamento de dados. Assim que uma folha é inserida na câmara, o ar captado é direcionado para o analisador de CO₂ que, por uma vara de três metros, ao captar ar da atmosfera faz com que se obtenha, entre outros, os valores da fotossíntese (A), a temperatura foliar (T_{leaf}), a temperatura do ar ($T_{chamber}$), a taxa de transpiração (E) e a condutância estomática (gs).



Fig. 29: Medição das trocas gasosas estomáticas usando o IRGA.

Estas medições foram realizadas na mesma altura das medições do potencial hídrico em três diferentes fases do dia: 10h da manhã, 14h (ao meio-dia solar) e às 17h30 da tarde. Em todas as medições se verificavam condições de luz saturante ($\text{PFD} > 800 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Em cada modalidade, de cada bloco, foi analisada uma folha, correspondente ao bardo interior. As folhas foram inseridas na câmara durante um período de tempo específico até que os parâmetros de avaliação estivessem estabilizados. Se período de estabilização era demasiado longo, realizava-se uma nova medição, devido às questões logísticas envolvidas nestas medições. As folhas escolhidas para as medições encontravam-se no terço superior da videira, em pânpanos, no bardo interior.

3.2.7. Evolução da Maturação e da Qualidade da Vindima

Os controlos de maturação ao longo do ensaio foram efetuados pela análise de amostras de 200 bagos de cada modalidade. Apenas na altura da vindima, ou seja, no último controlo de maturação, as amostras foram individualizadas por bloco, modalidade e bardo. Nas medições anteriores à vindima foram recolhidos bagos sem diferenciar os blocos. Este método foi escolhido pela existência de um pequeno número de videiras por modalidade, e para não se correr o risco de chegar à vindima com um número de bagos grandemente afetado pelos controlos de maturação.

As amostras recolhidas foram pesadas e esmagadas e foi determinado o seu teor em açúcares, pelo método de refractometria, a sua acidez total, por uma titulação na presença de azul de bromotimol, e o seu pH, por potenciometria, tal como podemos observar na figura 30. Todas estas medições foram realizadas no laboratório da empresa.



Figura 30: Aparelho para a medição da acidez total e pH.

Em aparelhos específicos no laboratório da Quinta do Crasto, como o que podemos observar na figura 31, além da percentagem de álcool provável (teor em açúcares) e do pH, também foram realizadas medições no que diz respeito à acidez total, antocianas, polifenóis e ácido málico.



Figura 31: Aparelho Miura One®, usado na determinação de vários fatores, como o ácido málico e polifenóis.

3.2.8. Análise Estatística

O tratamento estatístico dos dados foi realizado no programa SPSS 23, sendo realizada uma análise de variância das médias (ANOVA). Quando esta análise demonstrava que haviam diferenças estatísticas, e quando os pressupostos matemáticos para cada amostra eram verificados, procedeu-se à análise da diferença entre as médias. Num primeiro nível, esta análise envolvia apenas o estudo do comportamento da variável independente (e.g. potencial de base em MPa, área foliar total em m^2) em função de todas as medições, ao longo de todas as semanas. Num segundo nível, esta análise estudava-se não somente ao longo de todas as semanas (ou todas as medições), mas também estudava-se o seu comportamento consoante os bardos interior e exterior, e os diferentes patamares presentes. Este segundo nível foi só aplicado nas medições do potencial hídrico foliar de base, por ser considerada a variável independente mais importante a estudar, e deste modo, seria imperativo ter em consideração os três níveis presentes neste ensaio:

- O nível temporal: medições quinzenais, ao longo de sete medições.
- O nível do desenho experimental: os diferentes patamares, todos separados por um patamar de guarda.
- O nível climático: os diferentes bardos, interior e exterior, com diferentes incisões de radiação solar.

No que diz respeito às ferramentas matemáticas utilizadas para estudar todos os outros parâmetros que não o potencial hídrico de base, foram utilizados mecanismos de univariância através da análise por modelos lineares generalizados, indicado pelo SPSS. Estas ferramentas permitiram obter testes para a diferença entre médias, indicando a significância estatística para um nível de 95% em todos os casos. Em relação às ferramentas matemáticas usadas para analisar o potencial de base, foram utilizados vários pressupostos diferentes, pois a análise do PHF ao longo de todas as semanas teria que ser necessariamente diferente da análise dos valores de PHF dividida por bardo e por patamar. Esta diferença advém do fato de o número das amostras serem diferentes em cada caso. Para cada caso era usado um de três testes, cada um com tratamentos estatísticos diferentes, mas todos com o mesmo objetivo, confirmar o seguinte teste de hipóteses:

H0: É estatisticamente significativo.

H1: Não é estatisticamente significativo.

Na figura X podemos observar o raciocínio por detrás da aplicação do teste de t-Student e do teste de univariância de Mann-Whitney. Na figura 32 podemos igualmente verificar o raciocínio aplicável no teste ANOVA unifatorial e no teste de Kruskal-Wallis. Como podemos observar pelos fluxogramas existem vários parâmetros a verificar na amostra para a aplicação destes testes; tais como:

- Simetria.
- Normalidade.
- Homogeneidade.
- Variâncias.

4. Resultados

4.1. Caracterização Climática

É de grande importância entender a evolução do clima em regiões vitivinícolas, sendo essencial verificar as cultivares que melhor se adaptam ao *terroir*, e avaliar o tipo de vinho que melhor se adequa, averiguando as projeções de produção qualitativa e quantitativa. Na Quinta da Cabreira podemos afirmar que houve algumas variações de temperatura, e a média desta mesma foi registada pela sonda instalada pela empresa, que envolvem os dados desde o início da dormência em fins de 2016 até à época de vindima de 2017. Na figura 34 podemos observar que o Inverno naquela região foi moderado e o Verão muito agressivo, especialmente neste ano de seca extrema. É típico de um clima Mediterrânico ter zonas semiáridas com excesso de água durante os meses de Inverno e quase nula autonomia térmica na época de Verão (Magalhães, 2015). No entanto, este ano foi particularmente agreste, pois obtivemos um Inverno seco, e uma Primavera e Verão ainda mais quentes e secos, um resultado documentado pelas alterações climáticas.

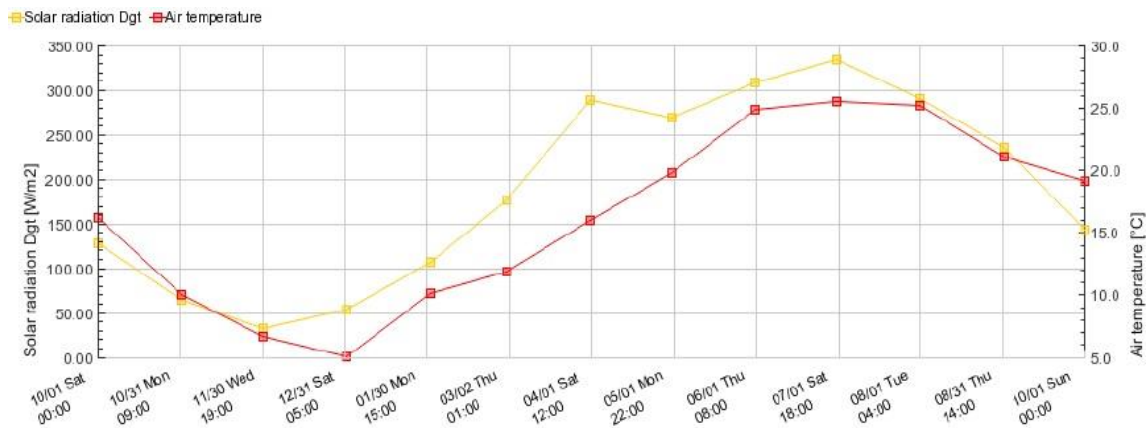


Figura 34: Evolução da temperatura e radiação solar ao longo do período desde Setembro 2016 até Setembro de 2017.

Na figura 35 podemos observar a variação da precipitação em relação às temperaturas médias de cada mês, bem como os valores de humidade relativa, correspondente ao mesmo período de tempo. É possível averiguar que mesmo no Inverno a precipitação foi escassa, e a partir de Maio/Junho, a precipitação quase que cessou por completo, sendo quase nula. Como é habitual da sub-região do Douro Superior, este ano foi um ano com pouca precipitação, mas ainda mais acentuado que o normal, levando à conclusão que em 2017 as videiras estariam sujeitas a um stress ainda mais elevado por défice hídrico.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

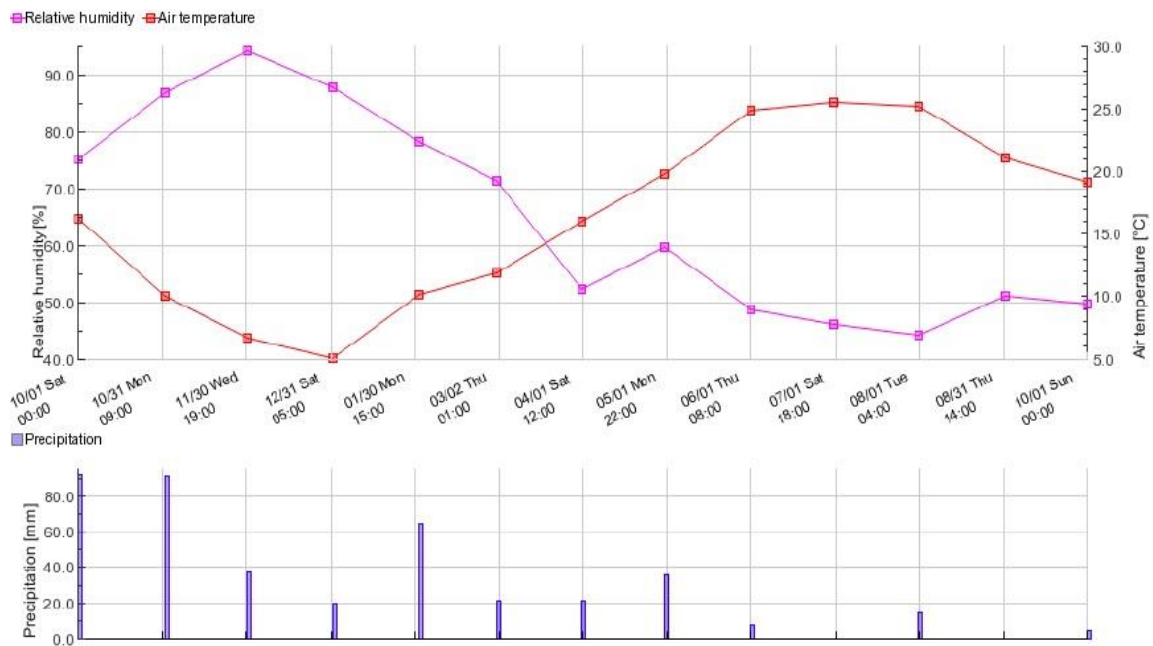


Figura 35: Evolução da precipitação, temperatura e humidade relativa ao longo do período desde Setembro de 2016 até Setembro de 2017.

De forma a ser possível comparar estes dados com o clima da região foi utilizada a base de dados de referência da Estação da Vilariça, entre os anos 1931 e 1960. Podemos verificar na figura 36 a comparação das temperaturas médias e da precipitação entre o ano deste estudo e o período de anos referenciados anteriormente. Fazendo uma comparação entre os períodos podemos verificar que existe uma pequena semelhança entre eles, no entanto nos últimos anos a temperatura no Verão tem vindo a aumentar e a precipitação tem vindo a diminuir, notando-se novamente aqui alguns dos efeitos das alterações climáticas, enfatizando a importância do uso de sistemas de rega para a vinha nesta região.

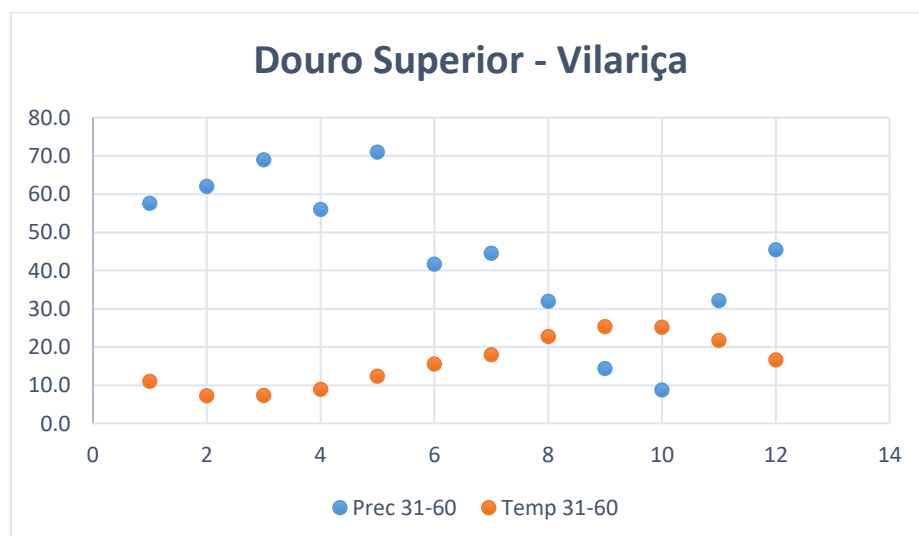


Figura 36: Média das temperaturas da Estação da Vilarça entre 1931 e 1960.

A baixa presença de quantidade de água condiciona bastante a disponibilidade hídrica no solo para as videiras. Isto é relevante para o presente estudo, visto que ajuda a compreender a importância dos sistemas de rega na vinha. Deste modo, este estudo teve importância ainda mais relevante neste ano de seca extrema, dando a possibilidade de suportar a hipótese de que a rega, quando bem delineada, pode suprimir a escassez de recursos hídricos, principalmente no Verão. Além das temperaturas elevadas, os baixos níveis de precipitação registados nos meses de Inverno neste ano não foram suficientes para repor os níveis de água no solo. O défice na reposição dos níveis de água no solo é prejudicial às videiras, afetando o desenvolvimento vegetativo, principalmente no início do seu desenvolvimento, daí a importância da rega perante situações de seca, tal como a que estamos a presenciar neste momento em todo o Portugal continental.

4.2. Fenologia

Neste estudo a evolução dos estados fenológicos foi verificada, tendo em conta a escala de Baggiolini (1952). Nesta escala é possível identificar as diferentes fases do crescimento e desenvolvimento da videira. A primeira escala fornecida por Baggiolini apenas continha dez estados do ciclo vegetativo da videira, entre abrolhamento e o vingamento até à maturação. No entanto, em 1993 Baggiolini e Baillod fizeram uma reforma à escala e introduziram novos estados que identificam as diferentes fases do ciclo após o vingamento (Coombe, 1995). Na tabela 5 podemos observar a escala de Baggiolini em detalhe.

Tabela 5: Escala de Baggiolini.

Baggiolini	Estado	EL
A	Gomo de Inverno	01
B	Gomo de Algodão	02-03
C	Ponta Verde	05
D	Saída das Folhas	06-07
E	2ª a 3ª Folhas Separadas	09
F	Cachos Visíveis	12

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

G	Cachos Separados	15
H	Botões Florais Separados	17
I	Floração	19-26
J	Alimpa (Vingamento)	27
K	Bago Ervilha	31
L	Cacho Fechado	32-33
M	Pintor	34-37
N	Cacho Maduro	38-39
O	Atempamento	41
P	Queda da Folha	43-47

A identificação dos diferentes estados não foi realizada na totalidade, no entanto, foi possível identificar alguns estados de forma a realizar algumas medições, como nas medições da área foliar. De forma a proceder às medições da área foliar tiveram que ser identificados os seguintes estados fenológicos:

- Estado D: saída das folhas.
- Estado F: cachos visíveis.
- Estado I: floração.
- Estado J: vingamento.
- Estado M: pintor.
- Estado O: atempamento.
- Estado P: queda da folha.

4.3. Componentes da Produção

No âmbito da escolha dos patamares para a realização deste estudo, procurou-se escolher videiras com semelhanças entre si. A escolha de patamares com características semelhantes é importante, pois permite que se retire fatores comuns a todos os patamares da análise. Por exemplo, em blocos com um solo idêntico pode-se retirar esse fator ao analisar os resultados, visto que influenciará a vinha de forma constante ao longo do ensaio. A semelhança entre solos permite também, comparar as diferenças obtidas nos parâmetros analisados, sabendo que estes só foram influenciados pelos modelos de rega aplicados em cada patamar, e não pelas características da amostra. Portanto, é importante e foi pretendido ter patamares homogêneos em vários parâmetros.

Segundo Lopes (1994) a carga ideal será aquela que permite proporcionar o melhor equilíbrio entre o crescimento vegetativo e a produção/maturação. Pela análise da tabela 6 podemos verificar que o número de olhos deixados à carga na poda de Inverno de 2016 foi constante, sendo que nos três patamares os valores eram muito semelhantes. Em geral, em todos os patamares o número de olhos é, em média, idêntico. É possível então concluir que os patamares deste ensaio foram todos podados com igual intensidade e que iniciaram o seu ciclo de crescimento vegetativo em condições semelhantes.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Tabela 6: Média do número de olhos por modalidade e patamar deixados na poda de Inverno de 2016.

Bloco	Modalidade				
	R0	R25	R50	R75	Média
1	10	9,5	9,7	9,6	9,7
2	9,9	9,8	9,8	10,4	10,0
3	9,6	9,3	9,8	9,8	9,6
Média	9,8	9,5	9,7	9,9	

Tabela 7: Análise estatística do abrolhamento por bloco e modalidade.

Parâmetro	Significância
Modalidade	0,58
Bloco	0,36

Tabela 8: Percentagens de abrolhamento obtidas.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Bloco	Modalidade			
	R0	R25	R50	R75
1	98%	96%	96%	97%
2	97%	97%	94%	95%
3	97%	98%	98%	98%

Assim que se deu o abrolhamento, realizou-se a contagem dos olhos abrolhados e procedeu-se ao cálculo da taxa de abrolhamento.

Tabela 9: Análise estatística da carga deixada à poda, em cada modalidade e bloco.

Parâmetro	Bloco
Bloco 1	0,80
Bloco 2	0,17
Bloco 3	0,99
Modalidade R0	0,77
Modalidade R25	0,18
Modalidade R50	0,56
Modalidade R75	0,99

4.4. Potencial Hídrico

4.4.1. Evapotranspiração e Rega

Em relação aos valores de evapotranspiração, ET_o , estes mesmos foram obtidos pela equação *Hargreaver-Samani* pela estação meteorológica na Quinta da Cabreira, registando os respetivos valores nos períodos pretendidos. Através dos dados obtidos foi possível calcular os valores da ET_o , aplicando o coeficiente de cultura (K_c) aos valores obtidos pela estação meteorológica. Pela equação *Hargreaver-Samani*, é possível verificar a quantidade de rega a aplicar pelo uso desta ferramenta matemática:

- $ET_c = ET_o * K_c$.
- $Rega = (ET_c - Precipitação) * K_s$.

O valor K_s corresponde ao coeficiente referente a cada modalidade de rega:

- Modalidade R0; $K_s = 0$.
- Modalidade R25; $K_s = 0,25$.
- Modalidade R50; $K_s = 0,50$.
- Modalidade R75; $K_s = 0,75$.

Foi realizado o cálculo dos valores da dotação de rega a aplicar em cada modalidade pelas fórmulas acima mencionadas. Na tabela 10 podemos verificar os períodos definidos de rega que foram obtidos. O valor definido para o K_c foi de 0,8; esta escolha baseou-se no período em que a rega seria aplicada, na altura da Primavera/Verão, e baseado também pelas características da vinha onde este ensaio foi realizado. Segundo os valores sugeridos pela FAO, para os meses de Junho, Julho e Agosto em vinhas adultas que apresentam as primeiras folhas em inícios de Abril, e que são vindimadas entre fins de Agosto e inícios de Setembro, o K_c referenciado é em média 0,7.

Tabela 10: ET_o total de cada ciclo de rega e a duração em horas de cada ciclo, respetivamente.

	ETo Total	Tempo de Rega (h)
1ª Rega	81,6	7h40
2ª Rega	91,5	8h46
3ª Rega	80,1	7h41
4ª Rega	93,8	9h23
5ª Rega	91,5	9h09
6ª Rega	87,1	8h43

Sendo o grupo de controlo, a modalidade R0, não é regada. A modalidade R25, correspondente à rega de 25% da evapotranspiração, contém em cada videira gotejadores com uma dotação de 2 litros de água por hora. A modalidade R50 que corresponde à rega de 50% de evapotranspiração, contém em cada videira gotejadores de 4 litros de água por hora. A modalidade R75 que corresponde à rega de 75% de evapotranspiração, contém em cada videira, 2 gotejadores, um de 2 litros por hora e outro de 4 litros por hora, correspondendo a um total de 6 litros de água por hora. Desta forma, por cada hora de irrigação na parcela em estudo, a modalidade R25 recebe 2 litros de água por videira, a modalidade R50 recebe 4 litros de água por videira e a modalidade R75 recebe 6 litros de água por videira. O estabelecimento da calendarização das regas foi ajustada segundo o esquema habitual de rega da Quinta da Cabreira. Foi assumido com a empresa um intervalo de duas semanas entre cada momento de rega e foram realizadas medições do potencial hídrico foliar de base no fim de cada período de rega, com um intervalo de dois dias, de forma a analisar os efeitos das modalidades no nível do stress hídrico da videira.

4.4.2. Potencial Hídrico Foliar

4.4.2.1. Potencial Hídrico Foliar de Base

O potencial hídrico das videiras foi determinado recorrendo a uma câmara de pressão segundo o método de Schölander *et al.* (1965), tal como já foi mencionado anteriormente. Esta medição permitiu conhecer a disponibilidade hídrica das videiras, e estabelecer uma linha de evolução temporal do stress hídrico em cada modalidade desde o início da rega até à vindima. Existiram no total 6 momentos de rega, tal como podemos observar na figura 37, com um intervalo de duas semanas entre cada momento, e no total existiram sete medições do potencial hídrico de base. Destas sete medições, cinco foram realizadas nas vésperas dos dias de rega, e as seguintes duas medições foram realizadas na véspera e um dia após a rega, de forma a avaliar os efeitos da rega e a realização da curva do potencial hídrico ao longo do dia. No período estival, os efeitos da precipitação foram quase nulos, sempre então que os valores obtidos são apenas influenciados pelas modalidades de rega.

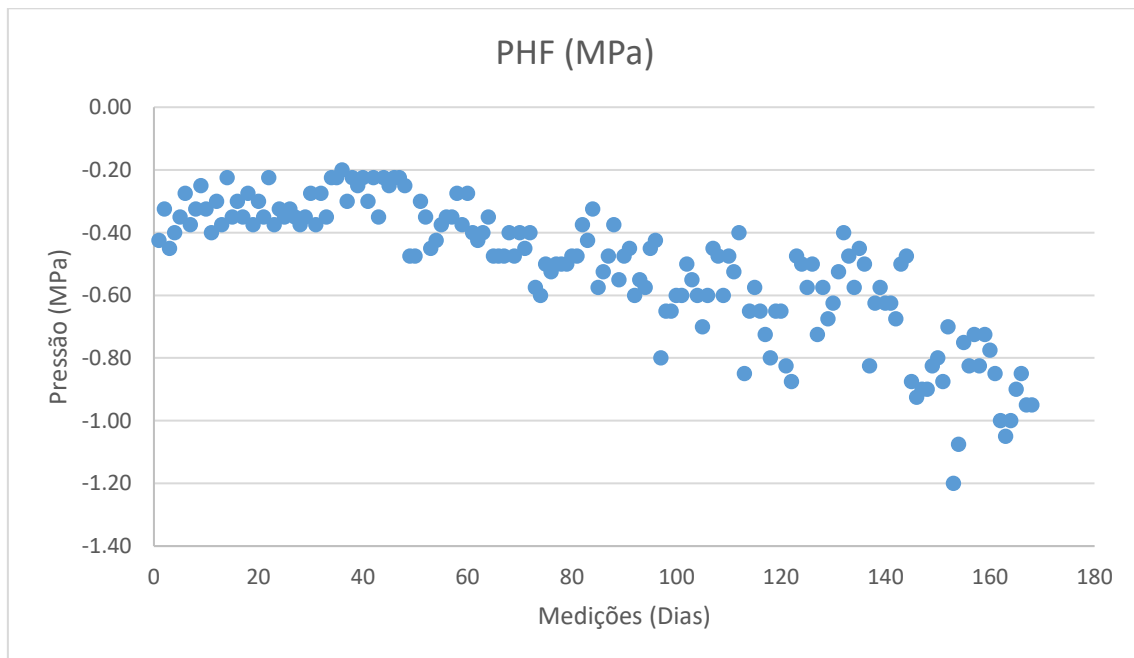


Fig. 37: Evolução do Potencial Hídrico de Base (em MPa) ao longo dos sete ciclos de rega.

Na tabela 11 abaixo podemos observar a evolução do potencial hídrico de base, medido da madrugada antes dos dias de rega, e podemos afirmar que os valores são em geral idênticos ao longo do ensaio. Apenas nas duas medições de potencial de base realizadas um dia após a aplicação da rega se nota a diferença nos valores do potencial, reforçando o valor que a rega tem em fornecer à videira os recursos necessários durante um Verão seco e quente. Este período abrangido pelo ensaio de rega coincide com o abrandamento do crescimento vegetativo, sendo que nesta fase também começa a ser prioritário a fase final do seu ciclo reprodutivo, crescimento, desenvolvimento e a maturação dos bagos (Magalhães, 2015).

A primeira medição, que foi realizada no dia 25 de Maio, permitiu avaliar a condição da disponibilidade hídrica das videiras, antes do início da rega, ou seja, antes que as diferentes modalidades de rega expressassem a sua interfere no défice hídrico das videiras. Em termos teóricos, os resultados pretendidos para esta fase seriam uma total ausência de diferenças substanciais entre as videiras, pois todas as modalidades nesta altura tinham condições iguais, porque ainda a rega não tinha sido iniciada. Também importante, é o facto de todas as operações culturais na parcela serem realizados de forma igual em todas as modalidades.

Conjugando a periodicidade das medições com os intervalos das regas, e a fraca aptidão do solo para reter água não permite avaliar os efeitos das diferentes modalidades. A realização das medições em intervalos de tempo mais curtos iria permitir a avaliação do efeito da rega nas diferentes modalidades e o delineamento de uma curva de potencial de base que demonstrasse a variação do défice ocorrido em cada modalidade.

Tabela 11: Média dos valores de PH de Base (MPa) ao longo dos sete ciclos de rega, por bloco e modalidade.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Bloco	Modalidade			
	R0	R25	R50	R75
1	-0,59	-0,51	-0,53	-0,51
2	-0,57	-0,43	-0,46	-0,42
3	-0,57	-0,54	-0,54	-0,51

Os dados obtidos levam à sugestão de que a capacidade de retenção de água do solo é muito fraca, e as videiras, em poucos dias após a realização da rega, voltam a encontrar-se em condições hídricas severas. Em ensaios futuros, para uma melhor adaptação face a este cenário, o calendário da rega deverá ser ajustado, e serem planeadas regas com maior frequência e com menor dotação de água. No fim do ensaio, os dados obtidos mostram uma ligeira quebra do aumento do stress hídrico e uma ligeira melhoria nas modalidades regadas, e com a modalidade não regada a apresentar valores muito elevados.

No desenho experimental foi admitido que as medições seriam efetuadas na véspera da rega de forma a avaliar o estado hídrico da videira em cada ciclo de 15 dias. Com a realização de mais uma medição, ficando as medições num espaço de uma semana, obter-se-iam resultados mais expressivos dos efeitos da rega nas diferentes modalidades no meio do período de rega, mas possivelmente iríamos obter, após as duas semanas, em todas as videiras, semelhantes valores de stress hídrico, e isso foi possível verificar.

Da análise estatística de cada ciclo de rega (ao longo de todas as semanas), podemos observar pela tabela 12 abaixo, os resultados. Podemos observar que nas semanas cinco, seis e sete, já existem diferenças significativas entre as modalidades regadas e as modalidades não regadas.

Tabela 12: Análise das modalidades regadas e não regada para todos os ciclos de rega.

Semanas com diferença estatisticamente significativa assinalado por ^a.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Semanas	Significância
1	0,35
2	0,30
3	0,71
4	0,15
5	0,01 ^a
6	0,00 ^a
7	0,01 ^a

Devido às diferenças de pressupostos estatísticos, foi realizada uma análise estatística paralela, para cada semana em separado, visto que neste caso, as ferramentas matemáticas a aplicar são diferentes, pois as amostras a analisar também são diferentes.

Tabela 13: Análise estatística dos valores de PHF na semana 1.

Modalidade	Significância
R0	0,65
R25	0,22
R50	0,85
R75	0,46

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Tabela 14: Análise estatística dos valores de PHF na semana 2.

Modalidade	Significância
R0	0,15
R25	0,22
R50	0,96
R75	0,15

Tabela 15: Análise estatística dos valores de PHF na semana 3.

Modalidade	Significância
R0	0,91
R25	0,18
R50	0,08
R75	0,78

Tabela 16: Análise estatística dos valores de PHF na semana 4.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Modalidade	Significância
R0	0,86
R25	0,29
R50	0,14
R75	0,40

Tabela 17: Análise estatística dos valores de PHF na semana 5.

Modalidade	Significância
R0	0,45
R25	0,24
R50	0,58
R75	0,36

Tabela 18: Análise estatística dos valores de PHF na semana 6.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Modalidade	Significância
R0	0,12
R25	0,99
R50	0,79
R75	0,09

Tabela 19: Análise estatística dos valores de PHF na semana 7.

Modalidade	Significância
R0	0,63
R25	0,88
R50	0,78
R75	0,25

Também foi realizada uma análise geral, em todos os ciclos de rega (em todas as semanas), mas tendo em vista as diferentes modalidades e os diferentes patamares. Estas duas análises matemáticas seguintes distinguem-se da anterior na medida em que a ANOVA é aplicada em relação ao PHF tendo como variação as modalidades e os patamares, em vez dos ciclos de rega, como já foi realizado. Na tabela 20 podemos observar se existem diferenças significativas no potencial de base em cada patamar, e na tabela 21 podemos verificar o mesmo, mas relativamente aos bardos interior e exterior.

Tabela 20: Análise estatística dos valores de PHF entre cada patamar.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Semanas (cruzamento estatístico entre os três patamares)	Significância
1	0,18
2	0,06 ^a
3	0,02 ^a
4	0,06
5	0,07 ^a
6	0,20
7	0,08

Tabela 21: Análise estatística dos valores de PHF entre cada bardo.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Semanas (cruzamento estatístico entre os dois bardos)	Significância
1	0,02 ^a
2	0,02 ^a
3	0,20
4	0,50
5	0,27
6	0,64
7	1,00

4.4.2.2. Evolução do Potencial Hídrico Foliar Diário

Na tabela 22 podemos verificar a evolução do potencial hídrico foliar em três ocasiões (21 de Julho, 4 de Agosto e 18 de Agosto). Estas medições foram realizadas no fim de cada ciclo de rega, e na véspera de um novo ciclo.

Tabela 22: Dados da evolução do potencial diário ao longo das três medições efetuadas.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Data	Hora	Modalidade			
		R0	R25	R50	R75
21/7	4h	7,96	5,46	5,13	4,46
	10h	10,38	8,88	7,13	6,71
	14h	13,71	11,17	10,58	9,79
	17h30	12,21	10,58	9,56	9,21
4/8	4h	8,71	4,58	4,21	3,83
	10h	11,29	9,13	7,75	6,88
	14h	13,92	11,63	12,17	10,75
	17h30	13,25	10,75	11,17	10,67
18/8	4h	11,00	6,50	5,08	5,29
	10h	10,92	7,46	6,13	6,21
	14h	14,92	11,67	10,00	11,46
	17h30	14,08	11,63	9,50	10,50

Na tabela acima, podemos observar que os dados obtidos aproximam-se do modelo de curva clássico descrito por Pereira (1997). Os valores de Ψ_F são indicadores de um forte stress hídrico e decrescem rapidamente com o aumento da radiação solar, aumento da taxa de transpiração e com as perdas de água a serem maiores que a capacidade de absorção radicular das videiras. No fim do dia, com a diminuição da radiação solar, pode-se observar um aumento dos valores de potencial foliar devido à rehidratação dos tecidos (Pereira, 1997). Todas as modalidades apresentam um aumento acentuado do Ψ_F a partir das primeiras horas da manhã até ao meio-dia solar, período correspondente aos maiores valores de défice hídrico.

4.4.3. IRGA – Trocas Gasosas ao Nível Estomático

As medições das trocas gasosas efetuadas ao nível dos estomas foram realizadas com recurso a um equipamento analisador de gases por infravermelhos (*IRGA – Infrared Gas Analyser*) nos três dias em que foram realizadas as medições do potencial foliar diário. Na tabela 23 é possível observar como a atividade fotossintética, a transpiração e a condutância stomática evoluem ao longo do dia.

Tabela 23: Médias de A e E por modalidade da medição realizada no dia 18 de Agosto.

Médias	Modalidade			
	R0	R25	R50	R75
A	0,38	0,72	1,18	1,10
E	1,14	0,06	0,23	0,12

Através desta análise comparativa, é possível perceber que as videiras encontram-se com um défice hídrico que afeta as suas capacidades fisiológicas. Observa-se a fotossíntese com valores ligeiramente elevados nas modalidades com maior dotação de rega, e observa-se também uma acentuada queda da atividade fotossintética em todas as modalidades sem nenhuma recuperação dos valores da fotossíntese líquida registados no final do dia. A taxa de transpiração registada no mesmo período apresenta valores baixos ao longo de todo o dia com os valores mais elevados a registarem-se no meio-dia solar e às 17h30, período em que a temperatura é mais elevada. Estes valores assemelham-se aos valores obtidos por Queiroz (2002).

Os resultados obtidos indicam que independentemente do stress hídrico e da disponibilidade hídrica, a videira ativa sempre os seus mecanismos para combater as temperaturas elevadas que se fazem sentir na sua superfície solar, embora nem sempre consiga colmatar esse objetivo. A condutância estomática registada apresenta também valores muito baixos em todas as medições, o que é indicador da resposta da videira ao stress hídrico, através do fecho dos seus estomas para evitar a perda de água em períodos com temperaturas muito elevadas.

4.5. Evolução do Desenvolvimento Vegetativo

4.5.1. Coberto Vegetal

Neste ensaio foram efetuadas medições da superfície foliar em duas videiras de cada modalidade em cada bloco em três datas específicas. Todas as intervenções em verde na parcela foram realizadas de forma igual em todas as modalidades. A tabela 24 permite avaliar a evolução da área foliar principal e a área foliar das netas nas diferentes modalidades na medição à vindima.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Tabela 24: Média da área foliar total da videira em m² na última medição da área foliar, a 3 de Setembro.

Bloco	Modalidade			
	R0	R25	R50	R75
1	2,30	2,39	2,19	2,42
2	5,13	3,89	3,37	3,82
3	2,74	2,66	12,81	3,72

Os resultados obtidos na medição perto da vindima demonstra que, mesmo nas videiras com maior dotação de rega, o desenvolvimento vegetativo é estagnado, por causa da prioridade da videira no que diz respeito à maturação dos bagos. Nesta fase é expectável uma diminuição da área foliar das videiras devido às transformações morfológicas e funcionais correspondentes à fase da maturação do bago que levam à diminuição drástica do crescimento vegetativo.

4.5.2. Densidade do Coberto Vegetal

No que diz respeito aos valores da densidade do coberto vegetal, podemos observar na tabela 30 os valores do método Point-Quadrat proposto por Smart & Robinson (1991). Os valores registados correspondem ao número de camada de folhas (NCF), à percentagem de folhas interiores (PFI), aos cachos interiores (PCI) e à percentagem de buracos na sebe (PB). Podemos observar que o número de camadas de folhas ao nível dos cachos é muito semelhante em todas as modalidades com exceção da modalidade não regada. A percentagem de buracos foi praticamente nula em todas as medições. Ao nível dos cachos não se registaram buracos na sebe, e ao nível da vegetação podemos verificar uma percentagem muito baixa de buracos.

Tabela 25: Análise estatística da área foliar principal das videiras de 3 de Setembro.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Parâmetro	Significância
Modalidade	0,48
Bloco	0,00 ^a

Tabela 26: Análise estatística da área foliar das netas de 3 de Setembro.

Parâmetro	Significância
Modalidade	0,57
Bloco	0,01 ^a

Tabela 27: Área foliar total (folhas principais e netas) de 3 de Setembro

Parâmetro	Significância
Modalidade	0,67
Bloco	0,00 ^a

Tabela 28: Análise estatística da área foliar principal das videiras medidas a 20 de Julho.

Parâmetro	Significância
Modalidade	0,48
Bloco	0,01 ^a

Tabela 29: Análise estatística da área foliar principal das videiras medidas a 25 de Maio.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Parâmetro	Significância
Modalidade	0,23
Bloco	0,01 ^a

Tabela 30: Soma do nº de contactos de folhas, cachos e de buracos nas várias modalidades.

Contactos	Modalidade			
	R0	R25	R50	R75
Folhas	130	154	135	144
Cachos	15	20	23	23
Buracos	5	2	3	4

4.6. Produção e Qualidade

No período de maturação foram realizadas três recolhas de bagos por modalidade para análise da evolução da maturação dos mesmos. Com o objetivo de se perceber e registar a evolução da maturação nas várias modalidades existentes, foram analisados no laboratório da Quinta do Crasto, todos os seguintes parâmetros:

- Álcool Provável.
- pH.
- Acidez Total.
- Peso Médio dos Bagos.
- Volume Médio dos Bagos.

4.6.2. Colheita e Avaliação Quantitativa

Durante o período de vindima registou-se para todas as videiras em estudo, alguns parâmetros de produção: número de cachos por videira e produção em quilogramas por videira, através dos quais se calculou o peso médio dos cachos. Na tabela 31, podemos observar os dados respetivos à colheita.

Tabela 31: Médias referentes aos dados recolhidos à vindima nas várias modalidades.

Médias (kg)	Modalidade			
	R0	R25	R50	R75
Peso Médio p/ Cacho	0,13	0,14	0,13	0,15
Peso Cachos	1,48	1,32	1,67	1,89
Nº Cachos	12	10	13	13

4.6.3. Qualidade do Mosto à Vindima

As amostras recolhidas à vindima serviram também para analisar alguns parâmetros de ordem enológica, para tentar compreender o efeito que as diferentes modalidades possam ter no potencial qualitativo do mosto. Na tabela 32 temos os resultados obtidos para estes parâmetros, das recolhas realizadas nos dias 16 e 19 de Agosto.

Tabela 32: Dados referentes às colheitas efetuadas a 16 e 19 de Agosto.

Tabela: Análise estatística referente às colheitas efetuadas.

Resultados estatisticamente significativos estão assinalados por ^a.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

	R0	R25	R50	R75
Álcool Provável (%)	14,10	14,40	14,20	14,30
pH	3,79	3,58	3,82	3,86
Acidez Total (g/L)	4,43	4,63	4,49	4,83
Antocianas (mg/L)	238,50	243,00	233,00	229,50
Polifenóis (mg/L)	840,50	915,80	1027,70	1130,50
Ácido Málico (g/L)	1,94	2,06	2,18	2,46
Volume (mL)	101,00	117,00	126,00	128,00
Peso Médio p/ Bago (g)	1,21	1,25	1,30	1,32

Tabela 33: Análise estatística dos dados referentes às colheitas efetuadas a 16 e 19 de Agosto.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Parâmetro	Bloco	Modalidade
Álcool Provável (%)	0,33	0,66
pH	0,00 ^a	0,56
Acidez Total (g/L)	0,05	0,04 ^a
Antocianas (mg/L)	0,11	0,45
Polifenóis (mg/L)	0,15	0,34
Ácido Málico (g/L)	0,06	0,58
Volume (mL)	0,03 ^a	0,26
Peso Médio p/ Bago (g)	0,01 ^a	0,07

Na recolha final, a 3 de Setembro, podemos verificar os resultados abaixo na tabela 34.

Tabela 34: Dados referentes à colheita efetuada a 3 de Setembro.

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

	R0	R25	R50	R75
Álcool Provável (%)	15,60	15,60	15,80	15,10
pH	4,00	4,00	4,05	4,04
Acidez Total (g/L)	5,10	5,33	5,28	5,69
Antocianas (mg/L)	135,17	109,83	161,33	107,17
Polifenóis (mg/L)	926,53	858,88	957,73	842,35
Ácido Málico (g/L)	1,53	1,58	1,55	1,68
Volume (mL)	73,70	84,00	82,30	86,00
Peso Médio p/ Bago (g)	1,21	1,30	1,28	1,37

5. Discussão e Conclusão

O presente estudo foi importante para a viticultura moderna, pois tocou num tema crucial no cultivo da vinha. Em regiões do Douro Superior, tendo como objetivo a vinificação de vinhos de alta qualidade, é fulcral ajustar os modelos de irrigação que permitem controlar o equilíbrio, entre o crescimento vegetativo e a produção. Os baixos valores de precipitação que se fizeram sentir no Douro Superior no período que antecedeu ao início do ciclo, aliado às condições climáticas quentes e secas, levam a que o solo não armazena recursos hídricos suficientes. Ora, a consequência disso é que já no início do ensaio, algumas videiras já se encontravam com algum stress hídrico.

A calendarização do modelo de rega, de quinze em quinze dias, associada à baixa capacidade de retenção de água por parte do solo, levou a que no final de cada ciclo de rega, altura em que realizavam as medições do Ψ_B , as videiras já se encontravam todas, independentemente da sua modalidade, em níveis de stress hídrico idênticos. Os níveis de stress hídrico foram em geral constantes durante todo o ensaio, sendo que apenas no final, perto do período da vindima, se começou a detetar algumas melhorias no potencial de base. Esta melhoria pode ser explicada por coincidir com o período de cessão do crescimento vegetativo da videira, ou pela alteração do planeamento das duas últimas medições de potencial de base, ou seja, medindo após um dia de ter sido realizada a rega.

No que diz respeito ao desenvolvimento vegetativo das videiras das diferentes modalidades, podemos afirmar que as modalidades com maior dotação de rega apresentaram valores de área foliar superiores, que diminuíram com a redução da dotação de rega. A modalidade R0 na altura da vindima já apresentava um grande número de folhas secas e alguns cachos com perda de bagos. A modalidade R25 também já tinha algumas folhas secas, mas com menos perdas de cachos. A modalidade R50 apresentava uma sebe bem formada com um número baixo de folhas secas. A modalidade R75 apresenta uma sebe bem formada, e com cachos bem formados.

O número de cachos obtido por videira é independente das modalidades de dotação de rega a que estiveram sujeitas. Deste modo, as diferenças obtidas nos valores da produção total das videiras são resultantes das variações de peso de cada cacho devido às modalidades de rega. A menor dimensão dos bagos da modalidade não regada pode ser explicada devido à falta de recursos hídricos no solo durante toda a época do ciclo vegetativo e devido às altas temperaturas.

Em relação ao potencial hídrico de base, os resultados obtidos indicam que a cultura da vinha na sub-região do Douro Superior chega a limites máximos da sua sobrevivência. As videiras apresentavam valores de potencial hídrico base muito superiores ao que está referenciado na bibliografia como valor ideal para obter uvas para vinificação. A análise providenciou dados valiosos, informando-nos que existem diferenças significativas entre a modalidade não rega e as modalidades regadas, mas não existem diferenças significativas entre cada modalidade de rega.

O presente ensaio, tudo indica, será repetido no ano vitivinícola de 2017/2018, perfazendo uma oportunidade para mencionar algumas observações que podem ajudar a otimizar o delineamento experimental de qualquer futuro ensaio. A primeira observação será na periodicidade dos momentos de rega, ou seja, na necessidade de diminuir o espaçamento temporal entre momentos de rega e ajustar as dotações de rega para esse espaçamento.

6. Referências Bibliográficas

Etchebarne, F., Ojeda, H., Hunter, J.J. (2010). "Leaf:Fruit Ratio and Vine Water Status Effects on Grenache Noir (*Vitis vinifera* L.) Berry Composition: Water, Sugar, Organic Acids and Cations." *South African Journal for Enology and Viticulture* 31(2).

FAO (1998). Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements – FAO, irrigation and drainage. F. C. d. repository.

Gamero, E., Moreno, D., Talaverano, I., Prieto, M.H., Guerra, M.T., Valdés, M.E. (2014). "Effects of Irrigation and Cluster Thinning on Tempranillo Grape and Wine Composition." *South African Journal for Enology and Viticulture* 35(2): 9.

Gouveia, J. P., Pedroso, V., Rodrigues, P., Martins, S., Alves, I., Lopes, C. (2009). INFLUÊNCIA DO REGIME HÍDRICO DA VINHA NO RENDIMENTO E QUALIDADE DA CASTA TOURIGA NACIONAL NUM TERROIR DO DÃO, Fundação para a Ciência e a Tecnologia: 10.

Hunter, J. J., Ojeda, H., Etchebarne, F. (2010). "Leaf:Fruit Ratio and Vine Water Status Effects on Grenache Noir (*Vitis vinifera* L.) Berry Composition: Water, Sugar, Organic Acids and Cations." *South African Journal for Enology and Viticulture* 31(2): 10.

Hunter, J. J., Ruffner, H.P. (2001). "Assimilate transport in grapevines – effect of phloem disruption." *Australian Journal of Grape and Wine Research* 7: 9.

Hunter, J. J., Volschenk, C.G., Novello, V., Pisciotta, A., Booyse, M., Fouché, G.W. (2014 a). "Integrative Effects of Vine Water Relations and Grape Ripeness Level of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz/Richter 99. I. Physiological Changes and Vegetative-Reproductive Growth Balances." *South African Journal for Enology and Viticulture* 35(2): 27.

Hunter, J. J., Volschenk, C.G., Novello, V., Pisciotta, A., Booyse, M., Fouché, G.W. (2014 b). "Integrative Effects of Vine Water Relations and Grape Ripeness Level of *Vitis vinifera*

L. cv. Shiraz Richter 99. II. Grape Composition and Wine Quality." South African Journal for Enology and Viticulture 35(2): 16.

Lopes, C. (1994). Influência do sistema de condução no microclima do coberto, vigor e produtividade da videira (*Vitis vinifera* L.), Instituto Superior de Agronomia. Dissertação de Mestrado: 205.

Magalhães, A. (2005). Controlo da Erosão em Vinhas de Encosta, O Exemplo do Douro. Simpósio Vitivinícola do Norte de Portugal. T. F. Partnership. Vairão: 5.

Magalhães, N. (2015). Tratado da Viticultura - A Videira, a Vinha e o Terroir, Esfera Poética.

Myburgh, P. A. (2010). The Science of Grapevines.

Myburgh, P. A. (2003). "Possible flood irrigation technologies to reduce water use of Sultanina grapevines in a hot, arid climate." South African Journal of Plant and Soil 20(4): 8.

Myburgh, P. A. (2010a). "Response of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot to Low Frequency Drip Irrigation and Partial Root Zone Drying in the Western Cape Coastal Region – Part I. Soil and Plant Water Status." South African Journal for Enology and Viticulture 32(1): 15.

Myburgh, P. A. (2010b). "Response of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot to Low Frequency Irrigation and Partial Root Zone Drying in the Western Cape Coastal Region – Part II. Vegetative Growth, Yield and Quality." South African Journal for Enology and Viticulture 32(1): 13.

Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., Deloire, A. (2002). "Influence of Pre- and Postveraison Water Deficit on Synthesis and Concentration of Skin Phenolic Compounds during Berry Growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz." American Journal of Enology and Viticulture 53(4): 7.

Ojeda, H., Saurin, N. (2014). "L'irrigation de précision de la vigne : méthodes, outils et stratégies pour maximiser la qualité et les rendements de la vendange en économisant de l'eau." Innovations Agronomiques 38: 12.

Peacock, W. L., Williams, L.E., Christensen, L.P. (2000). Water Management and Irrigation Scheduling. Raisin Production Manual, University of California - Agriculture and Natural Resources Communication Services: 127-133.

Queiroz, J. (1996). Intervenções em Verde e a sua Influência no Rendimento e na Qualidade, Touriga Nacional - Douro. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado.

Queiroz J. (2002). Condução e Relações Rendimento Qualidade de Castas Nobres do Douro. Faculdade de Ciências - Secção Autónoma das Ciências Agrárias, Universidade do Porto. Dissertação de Doutoramento: 225.

Santos, T. P., Lopes, C.M., Rodrigues, M.K., Souza, C.R., Ricardo-da-Silva, J.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2007). "Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines." Scientia Horticulturae 112: 10.

Smart, R. R., M. (1991). "A handbook for winegrape canopy's management." MAF, Austrália.

Apontamentos de Rui Jesus (2016). Professor de Estatística, CESPU.

Anexos

Análise de Dados

Semana = 1

Estatísticas de grupo ^a					
	Teve rega?	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF	Não	6	-3,5417	,79713	,32543
	Sim	18	-3,2778	,51370	,12108

a. Semana = 1

Teste de amostras independentes ^a									
	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
								Inferior	Superior

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

PHF	Variâncias iguais assumidas	1,789	,195	- ,948	22	,353	-,26389	,27822	-,84088	,31310
	Variâncias iguais não assumidas			- ,760	6,444	,474	-,26389	,34722	- 1,09953	,57175

a. Semana = 1

Semana = 4

Estatísticas de grupo^a

	Teve rega?	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF	Não	6	-5,2917	,53424	,21810
	Sim	18	-4,7917	,75367	,17764

a. Semana = 4

Teste de amostras independentes^a

	Teste de Levene para igualdade de variâncias	teste-t para Igualdade de Médias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
PHF Variâncias iguais assumidas	,800	,381	- 1,494	22	,149	-,50000	,33459	- 1,19390	,19390	
Variâncias iguais não assumidas			- 1,778	12,249	,100	-,50000	,28129	- 1,11151	,11151	

a. Semana = 4

Semana = 5

Estatísticas de grupo^a

	Teve rega?	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF	Não	6	-7,0833	,97040	,39616

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Sim	18	-5,8194	1,00662	,23726
-----	----	---------	---------	--------

a. Semana = 5

Teste de amostras independentes^a

	Teste de Levene para igualdade de variâncias	teste-t para Igualdade de Médias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
PHF Variâncias iguais assumidas		,001	,982	-2,685	22	,014	-1,26389	,47070	-2,24006	-,28772
Variâncias iguais não assumidas				-2,737	8,894	,023	-1,26389	,46178	-2,31041	-,21737

a. Semana = 5

Semana = 6

Estatísticas de grupo^a

	Teve rega?	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF	Não	6	-7,4167	1,12546	,45947
	Sim	18	-5,4167	,83578	,19700

a. Semana = 6

Teste de amostras independentes^a

	teste-t para Igualdade de Médias								
	Teste de Levene para igualdade de variâncias								
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
								Inferior	Superior

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

PHF	Variâncias iguais assumidas	2,611	,120	- 4,664	22	,000	-2,00000	,42886	- 2,88941	- 1,11059
	Variâncias iguais não assumidas			- 4,001	6,938	,005	-2,00000	,49992	- 3,18426	- ,81574

a. Semana = 6

Semana = 7

Estatísticas de grupo^a

	Teve rega?	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF	Não	6	-9,8750	1,32994	,54295
	Sim	18	-8,5139	,98321	,23175

a. Semana = 7

Teste de amostras independentes^a

	Teste de Levene para igualdade de variâncias	teste-t para Igualdade de Médias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
PHF Variâncias iguais assumidas	,821	,375	- 2,694	22	,013	-1,36111	,50530	- 2,40905	- ,31318	
Variâncias iguais não assumidas			- 2,306	6,920	,055	-1,36111	,59034	- 2,76030	- ,03808	

a. Semana = 7

Semana = 2

Teste Mann-Whitney

Postos^a

	Teve rega?	N	Posto Médio	Soma de Postos
PHF	Não	6	10,00	60,00
	Sim	18	13,33	240,00
	Total	24		

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

a. Semana = 2

Estatísticas de teste ^{a,b}	
	PHF
U de Mann-Whitney	39,000
Wilcoxon W	60,000
Z	-1,025
Significância Assint. (Bilateral)	,305
Sig exata [2*(Sig. de unilateral)]	,343 ^c

a. Semana = 2

b. Variável de Agrupamento: Teve rega?

c. Não corrigido para empates.

Semana = 3

Teste Mann-Whitney

Postos ^a				
	Teve rega?	N	Posto Médio	Soma de Postos
PHF	Não	6	13,42	80,50
	Sim	18	12,19	219,50
	Total	24		

a. Semana = 3

Estatísticas de teste ^{a,b}	
	PHF
U de Mann-Whitney	48,500
Wilcoxon W	219,500
Z	-,372
Significância Assint. (Bilateral)	,710
Sig exata [2*(Sig. de unilateral)]	,721 ^c

a. Semana = 3

b. Variável de Agrupamento: Teve rega?

c. Não corrigido para empates.

Semana = 1

Teste de Homogeneidade de Variâncias^a

PHF

Estatística de			
Levene	gl1	gl2	Sig.
,088	2	21	,916

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

a. Semana = 1

ANOVA^a

PHF

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	1,188	2	,594	1,837	,184
Nos grupos	6,789	21	,323		
Total	7,977	23			

a. Semana = 1

Semana = 4

Teste de Homogeneidade de Variâncias^a

PHF

Estatística de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,952	2	21	,074

a. Semana = 4

ANOVA^a

PHF

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	2,818	2	1,409	3,151	,064
Nos grupos	9,391	21	,447		
Total	12,208	23			

a. Semana = 4

Semana = 5

Teste de Homogeneidade de Variâncias^a

PHF

Estatística de Levene	gl1	gl2	Sig.
,244	2	21	,786

a. Semana = 5

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

ANOVA^a

PHF

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	11,005	2	5,503	6,378	,007
Nos grupos	18,117	21	,863		
Total	29,122	23			

a. Semana = 5

Semana = 6

Teste de Homogeneidade de Variâncias^a

PHF

Estatística de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,317	2	21	,123

a. Semana = 6

ANOVA^a

PHF

	Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	4,943	2	2,471	1,660	,214
Nos grupos	31,266	21	1,489		
Total	36,208	23			

a. Semana = 6

Semana = 2

Teste Kruskal-Wallis

Postos^a

	Bloco	N	Posto Médio
PHF	1	8	6,13
	2	8	16,31
	3	8	15,06
Total		24	

a. Semana = 2

Estatísticas de teste^{a,b,c}

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

	PHF
Qui-quadrado	10,380
gl	2
Significância Assint.	,006

- a. Semana = 2
- b. Teste Kruskal Wallis
- c. Variável de Agrupamento: Bloco

Semana = 3

Teste Kruskal-Wallis

Postos ^a			
	Bloco	N	Posto Médio
PHF	1	8	12,69
	2	8	17,25
	3	8	7,56
	Total	24	

- a. Semana = 3

Estatísticas de teste ^{a,b,c}	
	PHF
Qui-quadrado	7,749
gl	2
Significância Assint.	,021

- a. Semana = 3
- b. Teste Kruskal Wallis
- c. Variável de Agrupamento: Bloco

Semana = 7

Teste Kruskal-Wallis

Postos ^a			
	Bloco	N	Posto Médio
PHF	1	8	14,13
	2	8	15,38
	3	8	8,00
	Total	24	

- a. Semana = 7

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Estatísticas de teste^{a,b,c}

	PHF
Qui-quadrado	5,013
gl	2
Significância Assint.	,082

a. Semana = 7

b. Teste Kruskal Wallis

c. Variável de Agrupamento: Bloco

Semana = 1

Estatísticas de grupo^a

	Bardo	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF	Exterior	12	-3,6875	,48996	,14144
	Interior	12	-3,0000	,47673	,13762

a. Semana = 1

Teste de amostras independentes^a

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
PHF	Variâncias iguais assumidas	,006	,941	- 3,484	22	,002	-,68750	,19734	- 1,09676	-,27824
	Variâncias iguais não assumidas			- 3,484	21,984	,002	-,68750	,19734	- 1,09678	-,27822

a. Semana = 1

Semana = 3

Estatísticas de grupo^a

	Bardo	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
--	-------	---	-------	---------------	----------------------

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

PHF	Exterior	12	-4,1667	,58711	,16948
	Interior	12	-3,8333	,66000	,19053

a. Semana = 3

Teste de amostras independentes^a

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
PHF	Variâncias iguais assumidas	,045	,833	-1,307	22	,205	-,33333	,25500	-,86217	,19551
	Variâncias iguais não assumidas			-1,307	21,705	,205	-,33333	,25500	-,86259	,19592

a. Semana = 3

Semana = 4

Estatísticas de grupo^a

	Bardo	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF	Exterior	12	-5,0208	,50518	,14583
	Interior	12	-4,8125	,91157	,26315

a. Semana = 4

Teste de amostras independentes^a

Teste de amostras independentes										
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

PHF	Variâncias iguais assumidas	3,883	,061	- ,692	22	,496	-,20833	,30086	- ,83227	,41560
	Variâncias iguais não assumidas			- ,692	17,174	,498	-,20833	,30086	- ,84259	,42593

a. Semana = 4

Semana = 5

Estatísticas de grupo^a

	Bardo	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF	Exterior	12	-6,3958	1,15039	,33209
	Interior	12	-5,8750	1,08450	,31307

a. Semana = 5

Teste de amostras independentes^a

	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
								Inferior	Superior
PHF Variâncias iguais assumidas	,054	,818	- 1,141	22	,266	-,52083	,45639	- 1,46733	,42567
Variâncias iguais não assumidas			- 1,141	21,924	,266	-,52083	,45639	- 1,46752	,42586

a. Semana = 5

Semana = 6

Estatísticas de grupo^a

	Bardo	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF	Exterior	12	-6,0417	1,32645	,38291

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Interior	12	-5,7917	1,22397	,35333
----------	----	---------	---------	--------

a. Semana = 6

Teste de amostras independentes^a

	Teste de Levene para igualdade de variâncias	teste-t para Igualdade de Médias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
									Inferior	Superior
PHF Variâncias iguais assumidas	,468	,501	-,480	22	,636	-,25000	,52102	1,33053	,83053	
Variâncias iguais não assumidas			-,480	21,859	,636	-,25000	,52102	1,33094	,83094	

a. Semana = 6

Semana = 7

Estatísticas de grupo^a

	Bardo	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média
PHF Exterior		12	-8,8542	1,36706	,39464
Interior		12	-8,8542	1,08951	,31451

a. Semana = 7

Teste de amostras independentes^a

	teste-t para Igualdade de Médias								
	Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferença média	Erro padrão da diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
								Inferior	Superior

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

PHF	Variâncias iguais assumidas	,035	,853	,000	22	1,000	,00000	,50463	- 1,04655	1,04655
	Variâncias iguais não assumidas			,000	20,957	1,000	,00000	,50463	- 1,04958	1,04958

a. Semana = 7

Semana = 2

Teste Mann-Whitney

Postos ^a				
	Bardo	N	Posto Médio	Soma de Postos
PHF	Exterior	12	9,38	112,50
	Interior	12	15,63	187,50
	Total	24		

a. Semana = 2

Estatísticas de teste ^{a,b}	
	PHF
U de Mann-Whitney	34,500
Wilcoxon W	112,500
Z	-2,219
Significância Assint. (Bilateral)	,026
Sig exata [2*(Sig. de unilateral)]	,028 ^c

a. Semana = 2

b. Variável de Agrupamento: Bardo

c. Não corrigido para empates.

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos		
		N
Modalidade_N	0	60
	25	60
	50	60
	75	60
Bloco	1	80

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

2	80
3	80

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: Carga

F	gl1	gl2	Sig.
,695	11	228	,743

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Modalidade_N + Bloco

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Carga

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	10,042 ^a	5	2,008	,802	,549
Intercepto	22854,017	1	22854,017	9126,915	,000
Modalidade_N	4,883	3	1,628	,650	,584
Bloco	5,158	2	2,579	1,030	,359
Erro	585,942	234	2,504		
Total	23450,000	240			
Total corrigido	595,983	239			

a. R Quadrado = ,017 (R Quadrado Ajustado = -,004)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos

	N
Bloco 1	8
2	8
3	8
Modalidade_N 0	6
25	6
50	6
75	6

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: Álcool

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

F	gl1	gl2	Sig.
1,104	11	12	,431

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Bloco + Modalidade_N

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Álcool

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	3,489 ^a	5	,698	,791	,570
Intercepto	5787,720	1	5787,720	6560,044	,000
Bloco	2,061	2	1,030	1,168	,333
Modalidade_N	1,428	3	,476	,539	,661
Erro	15,881	18	,882		
Total	5807,090	24			
Total corrigido	19,370	23			

a. R Quadrado = ,180 (R Quadrado Ajustado = -,048)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos

	N
Bloco 1	8
2	8
3	8
Modalidade_N 0	6
25	6
50	6
75	6

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: pH

F	gl1	gl2	Sig.
1,078	11	12	,447

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Bloco + Modalidade_N

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: pH

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	,102 ^a	5	,020	5,194	,004
Intercepto	388,815	1	388,815	98711,848	,000
Bloco	,094	2	,047	11,920	,001
Modalidade_N	,008	3	,003	,711	,558
Erro	,071	18	,004		
Total	388,988	24			
Total corrigido	,173	23			

a. R Quadrado = ,591 (R Quadrado Ajustado = ,477)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos

	N
Bloco 1	8
2	8
3	8
Modalidade_N 0	6
25	6
50	6
75	6

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: Acidez

F	gl1	gl2	Sig.
1,061	11	12	,457

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Bloco + Modalidade_N

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Acidez

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	2,714 ^a	5	,543	4,817	,006
Intercepto	687,261	1	687,261	6100,176	,000

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Bloco	1,601	2	,800	7,104	,005
Modalidade_N	1,113	3	,371	3,292	,044
Erro	2,028	18	,113		
Total	692,002	24			
Total corrigido	4,741	23			

a. R Quadrado = ,572 (R Quadrado Ajustado = ,453)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos

	N
Bloco 1	8
2	8
3	8
Modalidade_N 0	6
25	6
50	6
75	6

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: Antocianas

F	gl1	gl2	Sig.
1,823	11	12	,158

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Bloco + Modalidade_N

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Antocianas

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	32067,542 ^a	5	6413,508	1,541	,227
Intercepto	395523,375	1	395523,375	95,024	,000
Bloco	20511,750	2	10255,875	2,464	,113
Modalidade_N	11555,792	3	3851,931	,925	,449
Erro	74922,083	18	4162,338		
Total	502513,000	24			
Total corrigido	106989,625	23			

a. R Quadrado = ,300 (R Quadrado Ajustado = ,105)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos		
		N
Bloco	1	8
	2	8
	3	8
Modalidade_N	0	6
	25	6
	50	6
	75	6

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: Polifenóis

F	gl1	gl2	Sig.
,876	11	12	,583

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Bloco + Modalidade_N

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Polifenóis

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	118269,868 ^a	5	23653,974	1,578	,217
Intercepto	19283715,375	1	19283715,375	1286,293	,000
Bloco	64277,692	2	32138,846	2,144	,146
Modalidade_N	53992,175	3	17997,392	1,200	,338
Erro	269850,477	18	14991,693		
Total	19671835,720	24			
Total corrigido	388120,345	23			

a. R Quadrado = ,305 (R Quadrado Ajustado = ,112)

Análise Univariada de Variância

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Fatores entre sujeitos

		N
Bloco	1	8
	2	8
	3	8
Modalidade_N	0	6
	25	6
	50	6
	75	6

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: Málico

F	gl1	gl2	Sig.
1,089	11	12	,441

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Bloco + Modalidade_N

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Málico

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	,334 ^a	5	,067	1,747	,175
Intercepto	60,389	1	60,389	1580,411	,000
Bloco	,257	2	,128	3,359	,058
Modalidade_N	,077	3	,026	,672	,580
Erro	,688	18	,038		
Total	61,410	24			
Total corrigido	1,022	23			

a. R Quadrado = ,327 (R Quadrado Ajustado = ,140)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos

		N
Bloco	1	8
	2	8
	3	8
Modalidade_N	0	6

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

25	6
50	6
75	6

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: Volume

F	gl1	gl2	Sig.
2,800	11	12	,045

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Bloco + Modalidade_N

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Volume

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	1560,333 ^a	5	312,067	2,551	,065
Intercepto	159414,000	1	159414,000	1303,309	,000
Bloco	1029,000	2	514,500	4,206	,032
Modalidade_N	531,333	3	177,111	1,448	,262
Erro	2201,667	18	122,315		
Total	163176,000	24			
Total corrigido	3762,000	23			

a. R Quadrado = ,415 (R Quadrado Ajustado = ,252)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos

	N
Bloco 1	8
2	8
3	8
Modalidade_N 0	6
25	6
50	6
75	6

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Variável dependente: Peso_M

F	gl1	gl2	Sig.
3,245	11	12	,027

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Bloco + Modalidade_N

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: Peso_M

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	,181 ^a	5	,036	4,285	,010
Intercepto	39,913	1	39,913	4732,460	,000
Bloco	,109	2	,055	6,469	,008
Modalidade_N	,072	3	,024	2,829	,068
Erro	,152	18	,008		
Total	40,245	24			
Total corrigido	,332	23			

a. R Quadrado = ,543 (R Quadrado Ajustado = ,417)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos

	N
Modalidade_N 0	12
25	12
50	12
75	12
Bloco 1	16
2	16
3	16

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: AFtot_vid

F	gl1	gl2	Sig.
1,518	11	36	,168

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Modalidade_N + Bloco

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: AFtot_vid

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	37,763 ^a	5	7,553	4,169	,004
Intercepto	696,316	1	696,316	384,390	,000
Modalidade_N	8,101	3	2,700	1,491	,231
Bloco	29,662	2	14,831	8,187	,001
Erro	76,082	42	1,811		
Total	810,161	48			
Total corrigido	113,845	47			

a. R Quadrado = ,332 (R Quadrado Ajustado = ,252)

Subconjuntos homogêneos

AFtot_vid			
	Modalidade_N	N	Subconjunto
			1
Tukey HSD ^{a,b}	25	12	3,2592
	50	12	3,6150
	75	12	4,0083
	0	12	4,3525
	Sig.		,208
Duncan ^{a,b}	25	12	3,2592
	50	12	3,6150
	75	12	4,0083
	0	12	4,3525
	Sig.		,075

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

Com base em médias observadas.

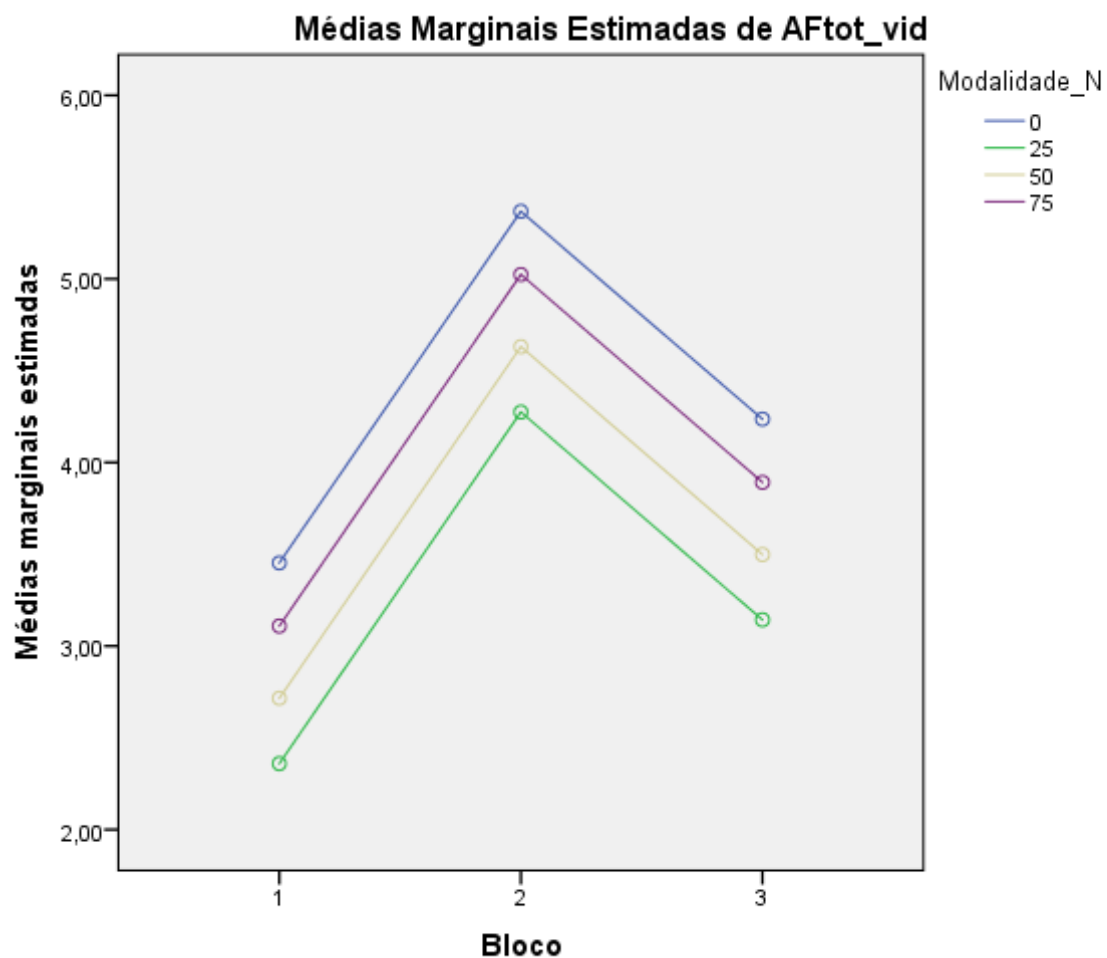
O termo de erro é Quadrado Médio (Erro) = 1,811.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 12,000.

b. Alfa = ,05.

Gráficos de perfil

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior



Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos		
		N
Modalidade_N	0	12
	25	12
	50	12
	75	12
Bloco	1	16
	2	16
	3	16

Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene^a

Variável dependente: AFp_vid

F	gl1	gl2	Sig.
2,922	11	36	,007

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Modalidade_N + Bloco

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: AFp_vid

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	8,722 ^a	5	1,744	2,693	,034
Intercepto	153,296	1	153,296	236,699	,000
Modalidade_N	1,632	3	,544	,840	,480
Bloco	7,089	2	3,545	5,473	,008
Erro	27,201	42	,648		
Total	189,219	48			
Total corrigido	35,923	47			

a. R Quadrado = ,243 (R Quadrado Ajustado = ,153)

Subconjuntos homogêneos

AFp_vid			
	Modalidade_N	N	Subconjunto
			1
Tukey HSD ^{a,b}	50	12	1,4758
	25	12	1,8358
	0	12	1,8842
	75	12	1,9525
	Sig.		,476
Duncan ^{a,b}	50	12	1,4758
	25	12	1,8358
	0	12	1,8842
	75	12	1,9525
	Sig.		,194

São exibidas as médias para os grupos em subconjuntos homogêneos.

Com base em médias observadas.

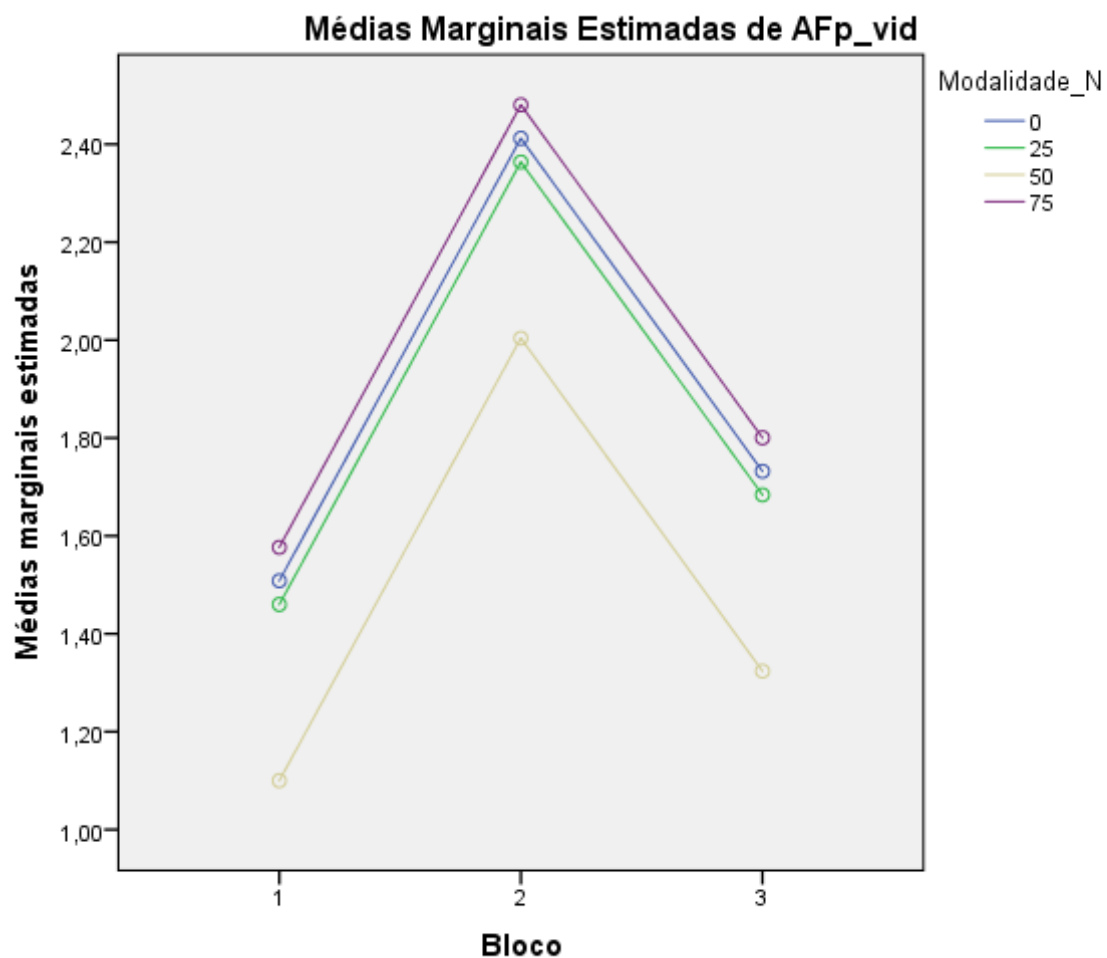
O termo de erro é Quadrado Médio (Erro) = ,648.

a. Usa o Tamanho da Amostra de Média Harmônica = 12,000.

b. Alfa = ,05.

Gráficos de perfil

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior



Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos		
		N
Modalidade_N	0	12
	25	12
	50	12
	75	12
Bloco	1	16
	2	16
	3	16

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: AFp_vid

F	gl1	gl2	Sig.
1,342	11	36	,242

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Modalidade_N + Bloco

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: AFp_vid

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	5,454 ^a	5	1,091	3,598	,008
Intercepto	99,965	1	99,965	329,778	,000
Modalidade_N	,754	3	,251	,829	,485
Bloco	4,699	2	2,350	7,751	,001
Erro	12,731	42	,303		
Total	118,150	48			
Total corrigido	18,185	47			

a. R Quadrado = ,300 (R Quadrado Ajustado = ,217)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos

	N
Modalidade_N 0	12
25	12
50	12
75	12
Bloco 1	16
2	16
3	16

Teste de igualdade de variâncias do erro de

Levene^a

Variável dependente: AFn_vid

F	gl1	gl2	Sig.
,786	11	36	,652

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre grupos.

a. Design: Intercepto + Modalidade_N + Bloco

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: AFn_vid

Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	13,983 ^a	5	2,797	2,232	,069
Intercepto	133,734	1	133,734	106,756	,000
Modalidade_N	2,549	3	,850	,678	,570
Bloco	11,433	2	5,717	4,563	,016
Erro	52,613	42	1,253		
Total	200,330	48			
Total corrigido	66,596	47			

a. R Quadrado = ,210 (R Quadrado Ajustado = ,116)

Análise Univariada de Variância

Fatores entre sujeitos

	N
Modalidade_N 0	12
25	12
50	12
75	12
Bloco 1	16
2	16
3	16

Testes de efeitos entre sujeitos

Variável dependente: AFtot_vid

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	27,555 ^a	5	5,511	2,696	,034
Intercepto	465,257	1	465,257	227,608	,000
Modalidade_N	3,142	3	1,047	,512	,676
Bloco	24,413	2	12,207	5,972	,005
Erro	85,853	42	2,044		
Total	578,664	48			
Total corrigido	113,407	47			

a. R Quadrado = ,243 (R Quadrado Ajustado = ,153)

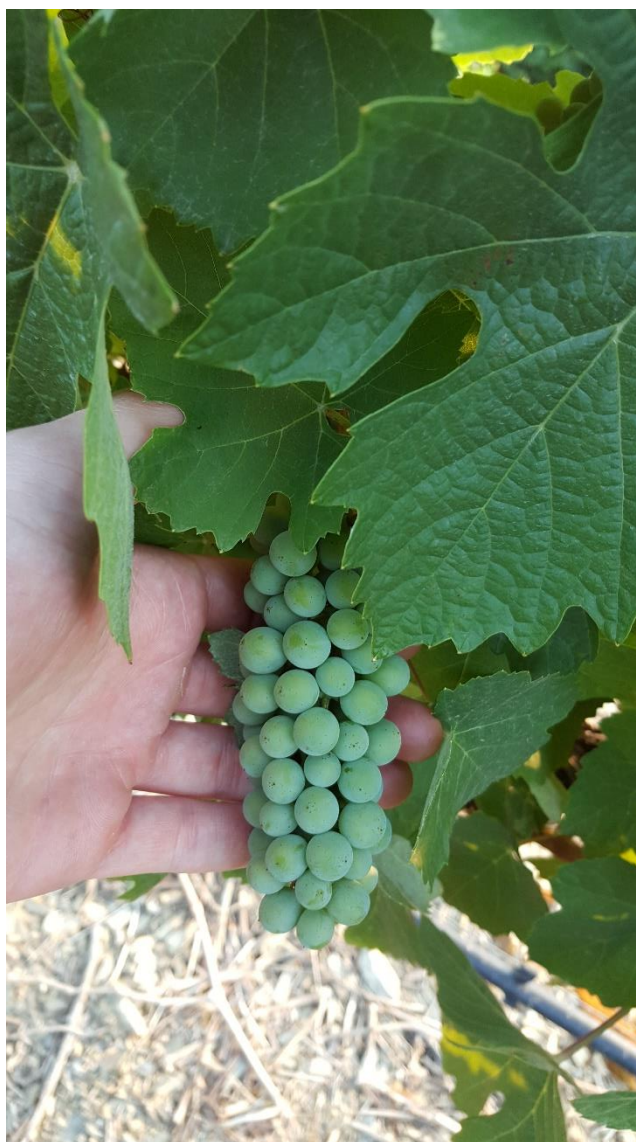
Fotografias



Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior



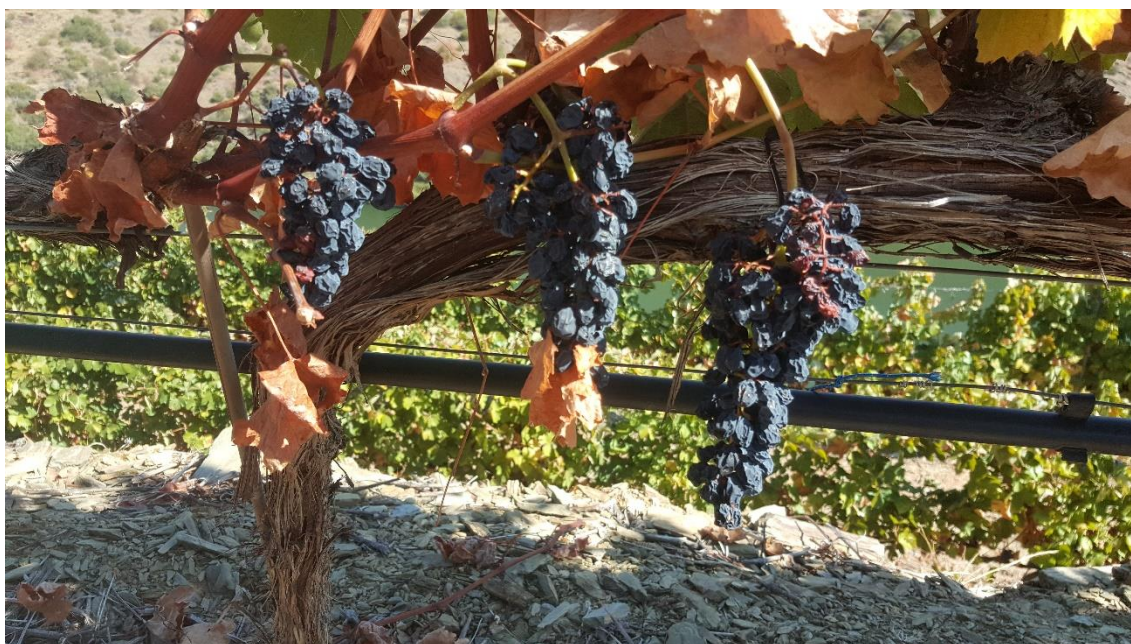
Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior





Influência de Diferentes Dotações de Rega sobre o Rendimento e a Qualidade na casta Touriga Nacional – Região do Douro Superior





Fichas Técnicas

Casta “Touriga Nacional”

Sinonímia	Regional	Tourigão, Touriga Fêmea, Touriga Macho
	Nacional	Tourigo Nacional (Dão), Preto Mortágua (Bairrada), Amaral (Beira Litoral)

Descrição Ampelográfica

Ramo jovem	Ápice vegetativo aberto, com pigmentação antociânica generalizada, de média intensidade e fraca densidade de pêlos aplicados.
Folhas jovens	Amarelo acobreadas e com média pigmentação antociânica. Página inferior da quarta folha expandida com forte pilosidade aplicada entre as nervuras, fraca sobre as mesmas, não se notando pilosidade ereta.
Pâmpano	Verde na parte dorsal e ventral dos nós e entre-nós. Gomos com fraca pigmentação antociânica.
Gavinhas	Longas. Distribuição regular descontínua com fórmula O2.
Flor	Hermafrodita. Primeira inflorescência inserida a partir do 3º nó, com duas a três inflorescências por ramo e de curto comprimento.

Vigor	Média a forte.
Época do pintor	Média.
Folha adulta	Muito heterogénea e apresentando um grande polimorfismo, sendo a mais característica: média a pequena, pentagonal e com cinco lóbulos. Página superior verde médio de perfil irregular e médio empolamento. Limbo ligeiramente enrugado com ondulação generalizada. Dentes curtos, aparecendo dentes côncavos, retilíneos, convexos e convexo-côncavos. Seio peciolar pouco aberto a ligeiramente sobreposto, com base em V. Seios laterais superiores abertos em U. Nervuras principais com fraca pigmentação antociânica. Página inferior média pilosidade aplicada entre as nervuras, aparecendo sobre as mesmas, fraca pilosidade aplicada e ereta. Pecíolo mais curto que a nervura principal mediana e com média pilosidade aplicada.
Cacho	Pequeno e mediamente compacto. Pédunculo longo e de fraca lenhificação.
Bago	Médio, uniforme, de forma arredondada e elíptica curta e de secção transversal regular. Epiderme negra-azul, de cor uniforme e com forte intensidade de pruína. Película espessa e hilo pouco aparente. Polpa não corada, mole, succulenta e de sabor indefinido. Pedicelo curto e de difícil separação.
Grainhas	Com forte dureza do tegumento.
Sarmento	Achatado, costado e de cor arroxeada.

Características Culturais

Hábitos de frutificação	Índices de fertilidade reais nos níveis: 1 = 1,98; 2 = 2,13 e 3=2,21 inflorescências por gomo abrolhado.
Modo de condução	Pode utilizar-se tanto o Guyot simples ou duplo, assim como o cordão bilateral ou unilateral.
Terreno favorável	Requer terrenos quentes e secos.
Rendimento	Castas de bom rendimento (superior a 1,5Kg).

Comportamento quanto a doenças e acidentes fisiológicos

Míldio Moderadamente sensível.

Oídio Sensível.

Podridão Moderadamente sensível.

Escoriose Muito sensível.

Desavinho Sensível.

Porta-enxerto 110R ⁽²⁾

Origem Berlandieri Résséguier n.º 2 x Rupestris Martin.

Ramo jovem Semi-aberta com fraca densidade de pelos prostrados. Pigmentação antociânica média e generalizada.

Folha jovem Verde com reflexos bronzeados. Página inferior da 4^a folha expandida glabra. Pigmentação antociânica das 6 primeiras folhas com média intensidade.

Pâmpano Entre-nós e nós vermelhos com fraca densidade de pelos prostrados. Gomos com pigmentação antociânica média.

Gavinhas Curtas. Distribuição regular descontínua com fórmula **02**.

Flor Masculina.

Folha adulta Reniforme, pequena, inteira. Verde escura brilhante apresentando nas nervuras principais pigmentações antociânica média. Limbo em goteira com médio empolamento. Dentes curtos, largos e convexos. Seio peciolar aberto, em U. Página inferior glabra. Peciolo com fraca densidade de pelos prostrados e eretos.

Sarmento Circular, costado estriado e castanho escuro.